



TUGAS AKHIR - MO.141326

**ANALISA PENGARUH VARIASI HEAT INPUT DAN SALINITAS
TERHADAP SIFAT MEKANIK *WELD JOINT* MATERIAL BAJA A36
PADA PENGELASAN SMAW *UNDERWATER WET WELDING***

CHOIRUL OTO CAHYA NUGRAHA
NRP. 4311 100 070

Dosen Pembimbing
Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT - MO.141326

**THE ANALYSIS OF HEAT INPUT AND SALINITY VARIATION
EFFECT TOWARDS A36 STEEL MECHANICAL PROPERTIES
WELD JOINT TO SMAW UNDERWATER WET WELDING**

CHOIRUL OTO CAHYA NUGRAHA

REG. 4311 100 070

Supervisors

Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

Department of Ocean Engineering
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

**ANALISA PENGARUH VARIASI HEAT INPUT DAN
SALINITAS TERHADAP SIFAT MEKANIK *WELD JOINT*
MATERIAL BAJA A36 PADA PENGELASAN SMAW
*UNDERWATER WET WELDING***

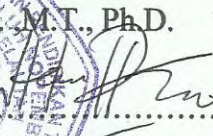
TUGAS AKHIR

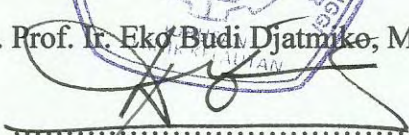
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

CHOIRUL OTO CAHYA NUGRAHA NRP. 4311 100 070

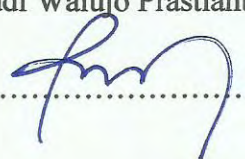
Disetujui oleh

1. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.  (Pembimbing 1)

2. Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D.  (Penguji 1)

3. Ir. Murdjito, M.Sc.  (Penguji 2)

4. Ir. Wisnu Wardhana, M.Sc., Ph.D.  (Penguji 3)

5. Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T.  (Penguji 4)

SURABAYA, JANUARI 2016

ANALISA PENGARUH VARIASI HEAT INPUT DAN SALINITAS TERHADAP SIFAT MEKANIK *WELD JOINT* MATERIAL BAJA A36 PADA PENGELASAN SMAW *UNDERWATER WET WELDING*

Nama Mahasiswa : Choirul Oto Cahya Nugraha
NRP : 4311 100 070
Jurusan : Teknik Kelautan FTK – ITS
Dosen Pembimbing : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

Abstrak

Perkembangan industri kemaritiman sangat cepat seiring perputaran zaman, begitu pula teknologi produksi pada bidang kemaritiman. Terutama untuk teknologi konstruksi bangunan apung, berbagai macam metode reparasi struktur terapung umumnya menjadi alternatif untuk mengoptimalkan kinerja masing masing struktur terapung. Metode reparasi yang digunakan tentunya memerlukan penanganan khusus dan perhatian lebih agar tidak terjadi kesalahan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi *heat input* dan salinitas terhadap sifat mekanik *weld joint* material baja pada *underwater welding*. Pengelasan dilakukan dengan metode SMAW las basah dibawah air dengan memvariasikan masukan panas (18.08kJ/mm, 19.88kJ/mm, 21.69kJ/mm) dan juga kondisi salinitas (0‰, 33‰, 37‰). Untuk mengetahui perubahan sifat mekanik, dari hasil pengujian tarik didapat penurunan tegangan tarik pada salinitas yang semakin tinggi ketika pengelasan diberikan masukan panas yang semakin tinggi pula. Hal ini juga mengakibatkan penurunan elongasi dengan kata lain semakin tidak elastis untuk salinitas yang semakin tinggi. Tegangan tarik dan elongasi terkecil didapat pada kondisi salinitas 37‰ dengan masukan panas sebesar 21.69kJ/mm ialah 415.1Mpa dan 6.11%. Sedangkan untuk nilai kekerasannya pada salinitas yang lebih tinggi mengalami kenaikan nilai kekeras seiring naiknya masukan panas yang diberikan pada pengelasan. Untuk nilai kekerasa tertinggi tetap pada kondisi salinitas 37‰ dengan masukan panas sebesar 21.69kJ/mm yaitu sebesar 199.6361N/mm² untuk bagian metal lasan. Hal ini dibuktikan pada analisa struktur mikro dimana semakin banyak butir fasa maka semakin tinggi nilai kekerasan *weld material*.

Kata Kunci: Salinitas, Masukan Panas, SMAW, Sifat Mekanik, Las Bawah Air

THE ANALYSIS OF HEAT INPUT AND SALINITY VARIATION EFFECT TOWARDS A36 STEEL MECHANICAL PROPERTIES WELD JOINT TO SMAW UNDERWATER WET WELDING

Name : Choirul Oto Cahya Nugraha
NRP : 4311 100 070
Department : Ocean Engineering FTK – ITS
Supervisors : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

Abstract

Maritime industrial production technology rise up very rapidly. There are special repair method to construct floating structure use to avoid mistakes. Therefore, this experiment aimed to determine the effect of variations in heat input and salinity of weld joint mechanical properties of A36 steel material in underwater welding. SMAW welding is done by the method of wet underwater welding by varying the heat input (18.08 kJ/mm, 19.88 kJ/mm, 21.69 kJ/mm) and salinity (0‰, 33‰, 37‰). To determine changes in the mechanical properties, the experiment results of tensile testing tell about reduction in tensile stress at salinity higher when given heat input welding also high. It also cause the reduction in elongation in other words more inelastic to higher salinity. The smallest tensile and elongation obtained at 37‰ salinity conditions with a heat input of 21.69 kJ/mm is 415.1Mpa and 6.11%. The micro hardness test value of weld material hardness at higher salinity has increased the hardness value as rising heat input given on welding process. The highest value of hardness remains at 37‰ salinity conditions with a heat input of 21.69 kJ/mm is equal 199.63 N/mm² to weld metal parts. This is evidenced in the microstructure analysis of the material graind which more hardness value when it garains were rissing up.

Keywords : Salinity, Heat Input, SMAW, Mechanical Properties, Underwater Welding

KATA PENGANTAR

Ucap syukur Alhamdulillah senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala nikmat dunia yang telah diberikan dan dengan ridho Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisa Pengaruh Variasi *Heat Input* dan Salinitas terhadap Sifat Mekanik *Weld Joint* Material A36 pada Pengelasan SMAW *Underwater Wet Welding***” dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Tugas Akhir ini membahas persoalan yang berkaitan dengan pengelasan bawah air. Persoalan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini yaitu mengenai pengaruh salinitas dan masukan panas terhadap sifat mekanik sambungan las pada material baja A36.

Besar harapan Penulis supaya karya tulis ini pada saatnya nanti dapat bermanfaat dan memberikan referensi dalam bidang pengelasan SMAW terutama pada proses pengelasan SMAW *underwater wet welding* serta dapat di tingkatkan dan dikembangkan lebih lanjut didalam penelitian selanjutnya terkait pengaruh variasi salinitas dan heat input didalam pengelasan SMAW.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dan tentunya masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan adanya saran maupun masukan sebagai koreksi untuk penulisan dan penelitian selanjutnya. Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan terus dikembangkan agar bermanfaat bagi kemajuan dunia kelautan utamanya pada dunia pengelasan bawah air.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama pengerjaan Tugas Akhir telah banyak pihak yang membantu dalam proses penyelesaian Laporan ini baik bantuan atau dorongan secara moral maupun material secara langsung maupun tidak langsung. Penulis sangat berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Allah SWT atas segala nikmat, rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik mungkin.
- 2) Ibu dan Ayah penulis, Ibu Maryani dan Bapak Mardiman atas segala doa yang tak henti dipanjatkan dengan tulus dan ikhlas agar kemudahan selalu diberikan kepada penulis, perhatian serta dorongan moral maupun material yang senantiasa ikhlas dan sabar diberikan kepada penulis sebelum, selama dan setelah pengerjaan Tugas Akhir.
- 3) Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing I penulis yang telah sabar membimbing dan meluangkan waktunya hingga tugas akhir ini selesai, terimakasih atas ilmu dan waktunya.
- 4) Bapak R. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen wali penulis selama kurang lebihnya empat setengah tahun ini, terima kasih atas bimbingan, nasehat serta kesabarannya.
- 5) Saudara kandung penulis, Mbak Dewi Krismayanti (Dewik) dan Mas Dwi Anggono Riyadi Putro (Adi) yang selalu ada ketika dibutuhkan dan tidak pernah mengeluh akan tingkah nakal dan bandel penulis selama ini.
- 6) Saudari Dita Novenesa Dyah Putri tercinta yang senantiasa sabar dan tidak hentinya memberikan semangat bagi penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
- 7) Keluarga Mahasiswa Klaten di Surabaya (KMKS) yang selalu menghibur dikala sepi dan selalu ada disaat susah dan senang penulis sebelum dan selama pengerjaan tugas akhir.
- 8) Keluarga besar saudaraku The Trident L29 – P51 angkatan 2011, terima kasih telah mengisi masa-masa perkuliahan ini dalam suka maupun duka.

- 9) Bapak Rudi Walujo selaku Kajur Teknik Kelautan, semua Bapak dan Ibu dosen serta staf maupun karyawan Jurusan Teknik Kelautan, terimakasih atas segala ilmu dan bantuannya selama ini.
- 10) Teman – teman satu dosen pembimbing Pak Herman, Fahmy dan Kelvin yang selalu semangat asistensi dan sabar dalam pelaksanaan percobaan di laboratorium.
- 11) Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan.

Terima kasih atas semua bantuan yang diberikan, semoga mendapat barokah dan balasan pahala dari Allah SWT.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan Masalah.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Dasar Teori.....	6
2.2.1. Underwater Welding	6
2.2.2. Metode Pengelasan Bawah Air	6
2.2.3. Definisi SMAW (SHIELDED METAL ARC WELDING)	7
2.2.4. Elektroda	10

2.2.5. Parameter Pengelasan.....	11
2.2.6. Macam Sambungan Las	12
2.2.7. Heat Input.....	13
2.2.8. Salinitas	14
2.2.9. Baja karbon	15
2.2.10. Sifat Mekanik Bahan.....	16
2.2.11. Plat ASTM A36	18
2.2.12. Tes Radiografi.....	19
BAB III	23
METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1. Langkah Kerja.....	23
3.2. Prosedur Penelitian.....	25
BAB IV	37
ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Welding Prosedure Standard (WPS).....	37
4.2. Data Rekaman Pengelasan	38
4.3. Pemotongan Material untuk Spesimen Uji	39
4.4. Visual Hasil Pengelasan.....	41
4.5. Hasil Uji Tarik (<i>Tensile Test</i>).....	42
4.6. Hasil Uji Kekerasan	55
4.7. Hasil Uji Metalografi	61
4.7.1. Makro Etsa	61
4.7.2. Mikro etsa	66
4.8. Perhitungan Butir Struktur Mikro	76
BAB V.....	79
KESIMPULAN DAN SARAN.....	79
5.1. Kesimpulan	79
5.1.1. Pengujian Tarik	79
5.1.2. Pengujian Kekerasan.....	81

5.1.3. Pengujian Metalografi	81
5.2. Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian Pengelasan SMAW (Wiryosumarto, 1996).....	8
Gambar 2.2 Diagram contoh tegangan regangan	18
Gambar 2.3 Kamera Radiografi	19
Gambar 2.4 Skema Pemotretan Radiografi.....	20
Gambar 2.5 Skema visualisasi penyinaran radiografi.....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	24
Gambar 3.2 Elektroda E6013 RB 26.....	28
Gambar 3.3 Bentuk Joint yang digunakan pada pengelasan.....	29
Gambar 3.4 Spesimen Uji Tarik.....	30
Gambar 3.5 Spesimen Metalografi	30
Gambar 3.6 Pelaksanaan Uji Tarik	32
Gambar 3.7 Alat Pengamatan Struktur Makro.....	33
Gambar 3.8 Posisi Titik Pengambilan Foto Mikro	33
Gambar 3.9 Mikroskop dengan Kamera untuk pengambilan Foto Mikro	33
Gambar 3.12 Alat Uji Mikro Hardness vickers	34
Gambar 4.1 Bentuk Joint yang digunakan pada pengelasan.....	38
Gambar 4.2. Contoh Ilustrasi Hasil Radiografi.....	40
Gambar 4.3. Ilustrasi Pengambilan Spesimen Uji	40
Gambar 4.4 Hasil Lasan SMAW Underwater yang telah dipotong untuk Spesimen	41
Gambar 4.5 Grafik Perubahan Kekuatan Tarik pada Salinitas 0 ⁰ / ₀₀	44
Gambar 4.6 Grafik Perubahan Kekuatan Tarik pada Salinitas 33 ⁰ / ₀₀	45
Gambar 4.7 Grafik Perubahan Kekuatan Tarik pada Salinitas 37 ⁰ / ₀₀	45
Gambar 4.8 Grafik Kekuatan Tarik Terhadap Heat Input	46
Gambar 4.9 Grafik Tegangan Yield terhadap Salinitas	47

Gambar 4.10 Grafik Tegangan Yield terhadap Salinitas	47
Gambar 4.11 Grafik Tegangan Yield terhadap Salinitas	48
Gambar 4.12 Grafik Tegangan Yield terhadap Heat Input	48
Gambar 4.13 Grafik Elongasi pada Salinitas 0 ⁰ / ₀₀	49
Gambar 4.14 Grafik Elongasi pada Salinitas 33 ⁰ / ₀₀	49
Gambar 4.15 Grafik Elongasi pada Salinitas 37 ⁰ / ₀₀	49
Gambar 4.16 Grafik Perubahan Nilai Kekuatan Tarik hasil lasan terhadap Perbahan Heat Input dan Salinitas	50
Gambar 4.17 Grafik Regangan Elastis pada Salinitas 0 ⁰ / ₀₀	51
Gambar 4.18 Grafik Regangan Elastis pada Salinitas 33 ⁰ / ₀₀	51
Gambar 4.19 Grafik Regangan Elastis pada Salinitas 37 ⁰ / ₀₀	52
Gambar 4.20 Grafik Regangan Elastis terhadap heat input	52
Gambar 4.21 Grafik Regangan Plastis pada Salinitas 0 ⁰ / ₀₀	53
Gambar 4.22. Grafik Regangan Plastis pada Salinitas 33 ⁰ / ₀₀	53
Gambar 4.23 Grafik Regangan Plastis pada Salinitas 37 ⁰ / ₀₀	54
Gambar 4. 24 Grafik Regangan Plastis Terhadap Heat Input	54
Gambar 4.25 Skema Posisi Pengujian Kekerasan pada Spesimen Uji	55
Gambar 4.26 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW	56
Gambar 4.27 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW	56
Gambar 4.28 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW	56
Gambar 4.29 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW	57
Gambar 4.30 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW	57
Gambar 4.31 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW	57
Gambar 4.32 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW	58
Gambar 4.33 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW	58
Gambar 4.34 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW	58

Gambar 4.35 Grafik Distribusi Kekerasan pada Weld Metal untuk Salinitas 0 ⁰ / ₀₀	59
Gambar 4.36 Grafik Distribusi Kekerasan pada Weld Metal untuk Salinitas 33 ⁰ / ₀₀	60
Gambar 4.37 Grafik Distribusi Kekerasan pada Weld Metal untuk Salinitas 37 ⁰ / ₀₀	60
Gambar 4.38 Grafik Distribusi Kekerasan oleh Heat Input.....	61
Gambar 4.39 Foto Struktur Makro pada Salinitas 0 ⁰ / ₀₀ dan HI 18.08	62
Gambar 4.40 Foto Struktur Makro pada Salinitas 0 ⁰ / ₀₀ dan HI 19.88	62
Gambar 4.41 Foto Struktur Makro pada Salinitas 0 ⁰ / ₀₀ dan HI 21.69	62
Gambar 4.42 Foto Struktur Makro pada Salinitas 33 ⁰ / ₀₀ dan HI 18.08	63
Gambar 4.43 Foto Struktur Makro pada Salinitas 33 ⁰ / ₀₀ dan HI 19.88	63
Gambar 4.44 Foto Struktur Makro pada Salinitas 33 ⁰ / ₀₀ dan HI 21.69	64
Gambar 4.45 Foto Struktur Makro pada Salinitas 37 ⁰ / ₀₀ dan HI 18.08	64
Gambar 4.46 Foto Struktur Makro pada Salinitas 37 ⁰ / ₀₀ dan HI 19.88	65
Gambar 4.47 Foto Struktur Makro pada Salinitas 37 ⁰ / ₀₀ dan HI 21.69	65
Gambar 4.48 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 0 ⁰ / ₀₀ dan HI 18.08.....	66
Gambar 4.49 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 0 ⁰ / ₀₀ dan HI 18.08.....	67
Gambar 4.50 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 0 ⁰ / ₀₀ dan HI 19.88.....	68
Gambar 4.51 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 0 ⁰ / ₀₀ dan HI 19.88.....	68
Gambar 4.52 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 0 ⁰ / ₀₀ dan HI 21.69.....	69
Gambar 4.53 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 0 ⁰ / ₀₀ dan HI 21.69.....	69
Gambar 4.54 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 33 ⁰ / ₀₀ dan HI 18.08.....	70
Gambar 4.55 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 33 ⁰ / ₀₀ dan HI 18.08.....	70
Gambar 4.56 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 33 ⁰ / ₀₀ dan HI 19.88.....	71
Gambar 4.57 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 33 ⁰ / ₀₀ dan HI 19.88.....	71
Gambar 4.58 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 33 ⁰ / ₀₀ dan HI 21.69.....	72

Gambar 4.59 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 33 ⁰ / ₀₀ dan HI 21.69.....	72
Gambar 4.60 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 37 ⁰ / ₀₀ dan HI 18.08.....	73
Gambar 4.61 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 37 ⁰ / ₀₀ dan HI 18.08.....	73
Gambar 4.62 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 37 ⁰ / ₀₀ dan HI 19.88.....	74
Gambar 4.63 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 37 ⁰ / ₀₀ dan HI 19.88.....	74
Gambar 4.64 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 37 ⁰ / ₀₀ dan HI 21.69.....	75
Gambar 4.65 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 37 ⁰ / ₀₀ dan HI 21.69.....	75
Gambar 4.67 Foto Struktur Mikro pada Base Metal.....	75
Gambar 4.68 Pemotongan Gambar Untuk Perhitungan Butir Fasa	76
Gambar 4.69 Grafik Jumlah Butir dalam Lingkaran Perhitungan	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Elektroda Pengelasan (AWS A5.1)	11
Tabel 3.1 Komposisi Kimia Larutan Pengganti Air Laut (ASTM D1141-90)	26
Tabel 4.1 Perhitungan Heat Input	38
Tabel 4.2 Hasil Uji Radiografi	39
Tabel 4.3 Rekap Data Uji Tarik	43
Tabel 4.4 Rekapitulasi Data Rata – Rata Hasil Uji Tarik	44
Tabel 4.5 Tabel Rata – Rata Hasil Perhitungan Butir	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Hasil Uji Salinitas

Lampiran B. WPS pada Pengelasan

Lampiran C. Hasil Uji Radiografi

Lampiran D. Hasil Uji Tarik dan Perhitungan

Lampiran E. Hasil Uji Kekerasan dan Perhitungan

Lampiran F. Hasil Visual Uji Makro Etsa

Lampiran G. Hasil Visual Uji Mikro Etsa dan Perhitungan Butir

Lampiran H. Dokumentasi Penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sejarah teknik pengelasan sangatlah panjang hingga pada akhirnya ditemukan metode pengelasan yang baik dengan menggunakan arus listrik. Pengelasan menggunakan tenaga listrik sudah mulai dikembangkan sejak perang dunia kedua. Maka tidak heran untuk saat ini hampir semua penyambungan logam untuk segala macam konstruksi dapat dilakukan dengan menggunakan proses pengelasan. Hampir segala bidang konstruksi menggunakan teknik pengelasan diantaranya industri perkapalan, bangunan super tanker, pipa penyalur gas alam, pressure vessel, anjungan minyak lepas pantai dan lain sebagainya.

Secara umum terkhusus bangunan lepas pantai di rancang untuk dapat beroperasi maksimal dalam kurun waktu 20 tahun lamanya dan harus terjamin dari segi keselamatan, kinerja dan kekuatan platform dalam menerima beban lingkungan berupa gelombang, angin, gempa bumi juga beban peralatan diatas deck. Metode perbaikan akan dibutuhkan seperti pengelasan bawah air (*underwater welding*) disaat terjadi kegagalan pada elemen struktur tertentu disaat menerima beban lingkungan terlebih yang tidak terduga. Pengelasan bawah air masih merupakan alternative pekerjaan yang dipilih untuk proses perbaikan bangunan. Teknologi pengelasan di bawah air dengan metode SMAW adalah pengelasan yang biasanya digunakan untuk perbaikan. Proses ini dipilih karena peralatan yang digunakan sederhana, murah dan mudah dipindahkan. Pengelasan ini digunakan untuk daerah akses yang terbatas dan proses ini paling sesuai untuk logam baja karbon rendah. Pengelasan di bawah air memiliki kecepatan pendinginan yang tinggi dimana sangat mempengaruhi sifat mekanisnya seperti lebih getasnya logam lasan dan HAZ yang diperoleh, mengurangi keuletan dan kekuatan *impact* dari logam lasan dan meningkatkan porositas serta kekerasannya. Ini merupakan salah satu perbedaan pengelasan di bawah air dan di udara terbuka. Perbedaan lainnya adalah pada pengelasan di bawah air banyaknya kandungan hidrogen yang terdapat pada logam lasan dan HAZ menyebabkan *embrittlement*, retak, dan porositas,

dimana retak dapat tumbuh dan menyebabkan terjadinya patahan yang fatal pada struktur.

Maka dari itu penelitian ini memfokuskan pada analisa pengaruh variasi heat input dan salinitas terhadap sifat mekanik sambungan las pada plat baja A-036 dalam proses pengelasan bawah air. Penelitian sehubungan dengan metode pengerjaan proses pengelasan yang baik diharapkan dapat membantu engineer dalam pengerjaan proyek entah itu pembangunan bangunan baru ataupun proyek perbaikan bangunan lama.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya :

- a. Bagaimanakah pengaruh input panas dan variasi salinitas pada hasil pengelasan SMAW wet welding terhadap kekuatan tarik material A36.
- b. Bagaimanakah pengaruh input panas dan variasi salinitas pada hasil pengelasan SMAW wet welding terhadap nilai kekerasan material A36.
- c. Bagaimanakah kondisi metalografinya (micro maupun macro) terhadap sifat mekanik *weld joint* hasil pengelasan.

1.3. Tujuan

Dari perumusan masalah diatas, dapat diambil tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah untuk mengetahui pengaruh input panas dan variasi salinitas pada hasil pengelasan SMAW wet welding terhadap kekuatan tarik, nilai kekerasan dan kondisi metalografi material baja A36

1.4. Manfaat

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh masukan panas dan salinitas pada hasil pengelasan SMAW Underwater wet welding serta memberikan masukan sebagai bahan pertimbangan penentuan input panas pengelasan yang baik untuk diterapkan pada pengelasan SMAW wet welding pada kondisi salinitas yang berbeda ditinjau atas hasil pengujian kekerasan, kekuatan tarik dan struktur mikro.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

1. Pengelasan dilakukan dengan melakukan studi kasus di Lab PPNS, Surabaya.
2. Pengelasan dilakukan dengan metode SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) *wet welding*.
3. Material uji adalah Plat Baja A-036.
4. Bentuk lasan adalah *butt joint* dengan posisi pengelasan datar (*flat*).
5. Pengelasan dilakukan tanpa adanya *pre heating* dan *post heating*.
6. Elektroda yang digunakan adalah jenis AWSE 6013 yang dilapis lilin (*waterproof*).
7. Bentuk *bevel* yang digunakan adalah *single V groove*.
8. Pengelasan di bawah air pada salinitas 0%, 33%, 37%, dengan larutan pengganti air laut sesuai standar ASTM D1141-98.
9. Temperatur ruangan diabaikan.
10. Tekanan akibat perubahan kedalaman diabaikan.
11. Pengelasan dilakukan berdasar WPS (*Welding Procedure Specification*) dan WPQ (*Welding Procedure Qualification*)
12. *Welder (Human Error)* diabaikan karena pengelasan yang dilakukan manusia tidaklah konstan seperti halnya pada mesin.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada umumnya sebagai engineer dalam melakukan perancangan struktur lepas pantai akan mengkalkulasikan segala sesuatunya agar struktur yang sedang direncanakan agar dapat beroperasi selama 20 tahun serta dapat menjamin keselamatan pekerjaanya. Sehingga dalam proses pengerjaan proyek besar seperti pada bangunan lepas pantai tentunya diperlukan berbagai macam pengujian dan percobaan berulang ulang demi memastikan terjaganya standar keselamatan kerja diatas struktur terapung. Seperti halnya pada penelitian ini memfokuskan pada analisa pengaruh variasi heat input dan salinitas terhadap sifat mekanik sambungan las pada plat baja A-036 dalam proses pengelasan bawah air. Sebelumnya juga telah beberapakali dilakukan penelitian mengenai pengelasan dibawah air namun untuk pengaruh masukan panas pada kondisi salinitas yang berbeda saat proses pengelasan bawah air belum dilakukan. Pada penelitian berjudul “Analisa Pengaruh Variasi Arus Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SMAW Pada Baja AISI 4140” oleh Alamsa (2010) dikatakan bahwa variasi arus mempengaruhi sifat mekanik namun tidak dilakukan dalam kondisi basah (pengelasan darat). Kemudian pada salah satu penelitian yang berjudul “ Komparasi Hasil Pengelasan SMAW dalam Air Tawar, Air laut dan Udara” oleh Pradityana (2011) dikatakan bahwa pengelasan bawah air memiliki nilai ketergantungan dan kekerasan yang lebih tinggi sehingga sangat mempengaruhi sifat mekanik benda uji, namun pada penelitian ini tidak dimasukan variable masukan panas. Selain beberapa penelitian dari beberapa jurnal diatas juga telah banyak dilakukan pengujian mengenai pengelasan bawah air dengan beberapa variable yang berbeda beda pula, namun dari beberapa kasus penelitian tersebut persoalan salinitas adalah yang utama dalam pengelasan basah di dalam air. Untuk menanggulangi hal tersebut banyak dianjurkan untuk dilakukannya pre heat treatment, namun untuk mempersingkat waktu dan memaksimalkan hasil ada kalanya pada proses itu sendiri dimaksimalkan dalam pengerjaannya, maka dari itu dalam penelitian ini mengkhususkan untuk

meneliti apakah heat input dapat berpengaruh pada kondisi salinitas sehingga diharapkan hasil dimana untuk tingkatan salinitas tertentu agar didapatkan heat input yang sesuai.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Underwater Welding

Teknologi pengelasan basah bawah air (*Underwater Welding*) adalah pengelasan yang dilakukan di bawah air, umumnya laut. sering sekali digunakan untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi pada badan kapal dan perbaikan struktur kapal, konstruksi pipa air, konstruksi pipa minyak dan gas, konstruksi jembatan di atas air maupun konstruksi rig atau pengeboran lepas pantai, bangunan lepas pantai serta konstruksi lainnya yang terendam air.

2.2.2. Metode Pengelasan Bawah Air

Metode perbaikan akan dibutuhkan seperti pengelasan bawah air (*underwater welding*). Dua kategori utama pada teknik pengelasan di dalam air adalah pengelasan basah (*Wet Underwater welding*) dan pengelasan kering (*Dry Underwater Welding*).

➤ Metode Pengelasan Basah (*Wet Underwater Welding*)

Dimana proses pengelasan ini berlangsung dalam keadaan basah dalam arti bahwa elektrode maupun benda berhubungan langsung dengan air. Aplikasi pengelasan sampai kedalaman 150 m. Metode pengelasan memberikan hasil yang kurang memuaskan, disamping memerlukan welder yang memiliki keahlian menyelam yang tangguh dan memerlukan pakaian khusus untuk selam, gelembung gas yang terjadi selama proses pengelasan akan sangat mengganggu pengamatan welder tersebut. Adapun proses pengelasan yang dipakai SMAW, FCAW dan MIG.

AWS (*American Welding Society*) E 6013 dengan pelapis yang bersifat *waterproof* (Feelus, 2000).

Berikut adalah keuntungan SMAW *wet welding* menurut Joshi (2000), yaitu:

- a. Serbaguna dan rendah biaya, menyebabkan metode ini banyak dipakai.
- b. Biaya lebih murah dibandingkan dengan *dry welding*.
- c. Pengoperasiaannya mudah dipindahkan.
- d. Welder dapat meraih lebih banyak bagian pada offshore platform dibandingkan dengan menggunakan metode lain.

Sedangkan berikut ini adalah kelemahan menggunakan SMAW *wet welding*, yaitu:

- a. *Hydrogen embrittlement* terjadi sebagai bentuk disosiasi air pada daerah penyalan busur. Disamping itu, *wet welding* dapat menyebabkan *crack* and *microscopic fissures* (belahan mikroskopis). *Crack* yang merambat dapat menyebabkan *catastrophic failure* pada struktur.
- b. Kelemahan yang lainnya adalah *poor visibility*.

➤ Metode Pengelasan Kering (*Dry Underwater Welding*)

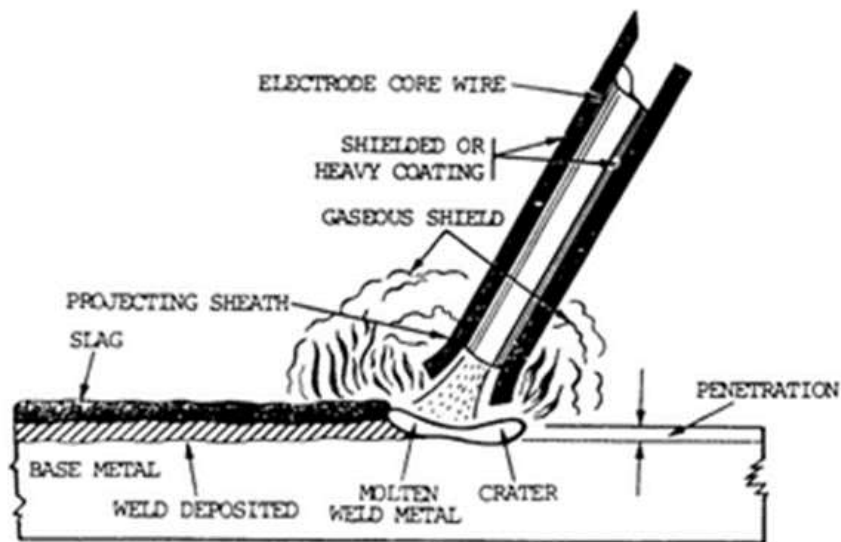
Metode pengelasan ini tidak berbeda dengan pengelasan pada udara terbuka. Hal ini dapat dilakukan dengan bantuan suatu peralatan yang bertekanan tinggi yang biasa disebut dengan Dry Hyperbaric Weld Chamber, dimana alat ini secara otomatis didesain kedap air seperti layak desain kapal selam. Aplikasi pengelasan sampai kedalaman 150 m kebawah. Seorang welder /diver sebelum menjalankan tugas ini tidak boleh langsung terjun pada kedalaman yang dituju, tetapi harus menyesuaikan terlebih dahulu step by step tekanan yang terjadi pada kedalaman tertentu sampai dapat menyesuaikan tekanan yang terjadi pada kedalaman yang dituju, otomatis untuk pengelasan 1 joint bisa memakan waktu yang cukup lama.

2.2.3. Definisi SMAW (SHIELDED METAL ARC WELDING)

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dikenal juga dengan istilah Manual Metal Arc Welding (MMAW) atau Las elektroda terbungkus adalah suatu proses penyambungan dua keping logam atau lebih, menjadi suatu sambungan yang tetap,

dengan menggunakan sumber panas listrik dan bahan tambah/pengisi berupa elektroda terbungkus.

Pada proses las elektroda terbungkus, busur api listrik yang terjadi antara ujung elektroda dan logam induk/benda kerja (base metal) akan menghasilkan panas. Panas inilah yang mencairkan ujung elektroda (kawat las) dan benda kerja secara setempat. Busur listrik yang ada dibangkitkan oleh mesin las. Elektroda yang dipakai berupa kawat yang dibungkus oleh pelindung berupa fluks. Dengan adanya pencairan ini maka kampuh las akan terisi oleh logam cair yang berasal dari elektroda dan logam induk, terbentuklah kawah cair, lalu membeku maka terjadilah logam lasan (weldment) dan terak (slag)..



Gambar 2.1 Rangkaian Pengelasan SMAW (Wirjosumarto, 1996)

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butiran-butiran yang terbawa oleh arus dari pada busur listrik yang terjadi.

Apabila menggunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cairnya yang terbawa akan menjadi halus sebaliknya bila arus yang dipakai kecil maka butirannya akan menjadi lebih besar.

Proses pemindahan logam cair seperti diterangkan diatas sangat mempengaruhi dari sifat-sifat mampu las dari logam. Secara umum dapat dikatakan

bahwa mempunyai sifat mampu las tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus, sedangkan proses pemindahan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan juga oleh komposisi bahan pembungkus elektroda (fluks) yang digunakan. Selama proses pengelasan terjadi fluks yang digunakan sebagai bahan pembungkus elektroda mencair dan terapung pada cairan kawah las lalu membeku menutupi deposit las menjadi terak las atau yang disebut slag. Slag inilah yang akan melindungi hasil lasan yang baru membeku agar tidak terpengaruh oleh udara luar (oksidasi). Pada saat itu juga bahan fluks yang terbakar berubah menjadi gas yang berfungsi sebagai bahan pelindung dari udara luar terhadap oksidasi dan juga sebagai pemantap busur

Didalam pekerjaan konstruksi banyak istilah dipakai pada bahan induk seperti:

1. Material
2. Base Metal
3. Parent Metal
4. Benda Kerja

Bahan Induk yang dipergunakan pada setiap pembuatan konstruksi haruslah memenuhi persyaratan-persyaratan baik tentang jenis dan mutunya, maupun ukuran-ukurannya. Dengan spesifikasi bahan induk yang ada, dapat disusun ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

1. Jenis dan ukuran kawat las yang harus dipakai
2. Desain sambungan las yang harus dibuat
3. Bagaimana teknik pengelasan yang diperlukan dsb.

Pada pelaksanaan kualifikasi prosedur las, harus dipergunakan bahan yang sama dengan bahan yang akan dipergunakan dalam pengelasan, yang dibuktikan dengan sertifikasi. Bahan induk yang tidak sesuai dengan sertifikat bahan yang ada, akan dapat mengakibatkan kegagalan yang cukup fatal dalam pengelasan. Dimana tidak semua bahan induk mempunyai sifat mampu las (weld ability) yang baik. Untuk pengelasan bahan induk yang mampu lasnya tidak baik perlu cara pengelasan yang khusus, karena terdapat banyak ragam material menurut kegunaannya sesuai dengan kemampuan bahan induk tersebut.

2.2.4. Elektroda

Bagian yang sangat penting dalam pengelasan SMAW ialah Elektroda itu sendiri dimana memiliki fungsi sebagai pelindung busur las dari pengaruh atmosfer seperti oksigen, nitrogen dan udara. Selain untuk mencegah terjadinya ionisasi pada ujung elektroda juga dapat menjaga busur tetap stabil. Karena dalam pengelasan itu sendiri bertujuan untuk menambah cairan baja kedalam celah elektroda inilah yang dimaksudkan untuk menghasilkan terak dan slag sebagai unsur pemaat antar kedua logam yang disambungkan.

Elektroda yang terbungkus pada umumnya merupakan sumber logam las yang terdiri dari:

a. Sumbu elektroda

Sumbu elektroda merupakan logam pengisi yang meleleh di dalam lengkung listrik bersama-sama dengan bahan induk dan kemudian membeku membentuk kampuh las.

b. Pembungkus elektroda (fluks)

Pembungkus elektroda (flux) mengurai didalam lengkung listrik dan menghasilkan perisai gas CO₂ dan juga suatu lapisan padat, yang kedua-duanya melindungi kampuh las yang sedang terbentuk terhadap pengaruh yang merusak dari udara sekelilingnya. Selain berfungsi melindungi kampuh las, fluks juga berfungsi. Mencegah terbentuknya oksida-oksida dan nitrida logam, sewaktu proses pengelasan berlangsung.

Fluks biasanya terdiri dari bahan-bahan tertentu dengan perbandingan yang tertentu pula. Bahan-bahan yang digunakan dapat digolongkan dalam bahan pemantapan busur, pembuat terak, penghasil gas, deoksidator, unsur paduan dan bahan pengikat. Bahan-bahan tersebut antara lain oksida-oksida logam, karbonat, silikat, fluoride, zat organik, baja paduan dan serbuk besi.

Pemilihan Elektroda dilihat dari fungsinya, elektroda mempunyai pengaruh yang besar terhadap hasil pengelasan. Oleh karena itu, pemilihan elektroda harus benar-benar tepat. Untuk pemilihan jenis elektroda yang digunakan, kita harus memperhatikan beberapa hal untuk pertimbangan.

Menurut normalisasi AWS/ASTM (“American Welding Society/American Society for Testing Material”), semua elektroda ditandai dengan huruf E disertai 4 atau 5 angka dibelakangnya misalnya : E 6013.

Tabel 2.1 Spesifikasi Elektroda Pengelasan (AWS A5.1)

Klasifikasi AWS	Jenis Pelapis Elektroda	Tensile Strength Requirement	
		ksi	MPa
E6013	High Titania Potasium	60	414

2.2.5. Parameter Pengelasan

2.2.5.1. Arus listrik

Penggunaan arus yang terlalu tinggi akan menyebabkan penetrasi atau fusi terlalu besar yang kadang-kadang menyebabkan jebolnya sambungan las dan daerah terpengaruh panas akan lebih besar juga. Bila penggunaan arus terlalu kecil akan menyebabkan penetrasi dangkal

2.2.5.2. Tegangan pengelasan

Tegangan pengelasan akan menentukan bentuk fusi dan reinforcement .Pertambahan tegangan akan membuat lebar las bertambah rata, lebar dan penggunaan Fluksnya bertambah besar pula.Tegangan yang terlalu tinggi akan merusak penutupan logam las oleh cairan Fluks yang dapat memberikan peluang udara luar berhubungan dan menyebabkan terjadinya porositas.

2.2.5.3. Kecepatan pengelasan

Kecepatan pengelasan adalah suatu variasi yang sangat penting dalam proses SAW karena akan menentukan jumlah produk pengelasan dan metallurgi lasnya. Penambahan kecepatan pengelasan pada sambungan fillet mempersingkat waktu, tetapi pada pengelasan sambungan tumpul yang beralur hanya kecil mempersingkat waktu. Karena pada sambungan beralur jumlah deposit adalah

variabel untuk waktu pengelasan. Penambahan kecepatan pengelasan akan mengurangi masukan panas pada proses pengelasan.

2.2.5.4. Diameter kawat elektroda

Pengurangan diameter kawat elektroda dalam ini tanpa merubah parameter lainnya akan memperbesar tekanan busur, yang berarti penetrasi akan semakin dalam dan lebar deposit semakin berkurang.

2.2.5.5. Ketebalan lapisan Fluks

Ketebalan lapisan Fluks yang digunakan dalam pengelasan proses SAW juga mempengaruhi bentuk dan kedalaman penetrasi pengelasan. Bila lapisan Fluks terlalu tipis maka arus akan tidak tertutup dan hasil lasan akan retak atau poros. Bila lapisan Fluks terlalu tebal maka akan menghasilkan reinforcement terlalu tinggi.

2.2.6. Macam Sambungan Las

Berikut ini merupakan beberapa bentuk sambungan las yang biasa digunakan welder untuk menyambungkan plat besi ataupun baja diantaranya:

- a. Sambungan Buntu (Butt joint). Butt joint terdiri dari dua bagian logam yang disusun sejajar. Pada pengelasan baja, sambungan dengan penetrasi penuh di celah sambungan disebut juga butt joint walaupun posisi dua logam tidak sejajar pada bidang yang sama.
- b. Sambungan T atau T-joint dan cruciform joint Sambungan T atau T-joint terdiri dari dua bagian yang disambung membentuk huruf T. Penambahan sambungan lain pada T-joint sehingga membentuk palang disebut cruciform joint. Sambungan ini dapat menggunakan pengelasan fillet weld, groove weld, plug weld, seam weld.
- c. Sambungan Sudut (Corner joint) Sambungan sudut atau Corner joint terdiri dari dua bagian yang sambungannya membentuk huruf L dan pengelasan dilakukan pada pinggir sudutnya. Sambungan ini digunakan untuk membuat konstruksi kotak. Sambungan ini dapat menggunakan tipe pengelasan fillet weld, groove weld, plug weld, seam weld.

d. Lap joint dan joggled lap joint. Sambungan tumpang atau lap joint terdiri dari dua bagian ditumpuk pada bidang sejajar, kemudian dilas pada kedua ujung masing-masing. Lap joint dimana tiap sisi bagian yang disambung terletak pada bidang yang sama disebut joggled lap joint. Sambungan tumpang ini dapat menggunakan tipe pengelasan fillet weld, groove weld, plug weld, seam weld.

2.2.7. Heat Input

Heat input adalah nilai dari energi yang ditransfer per unit panjang dari suatu pengelasan. Heat input merupakan parameter penting karena seperti halnya pemanasan awal dan temperature interpass, heat input juga mempengaruhi laju pendinginan yang akan berpengaruh pada mechanical properties dan struktur metalurgi dari HAZ. Rumus yang digunakan untuk menentukan besarnya heat input yaitu :

$$\text{Heat Input (Kj/mm)} = \frac{\text{Arus} \times \text{Tegangan} \times 60}{\text{Travel Speed (TS)} \times 1000}$$

Apabila heat Input dari suatu pengelasan terlalu tinggi maka daerah HAZ akan menjadi lebar sehingga mudah terjadi cacat seperti undercut. Akan tetapi apabila heat input terlalu kecil maka juga akan menimbulkan cacat las seperti inclusion. Efek dari heat input terhadap laju pendinginan hampir sama dengan temperatur pemanasan awal. Apabila heat input atau temperatur pemanasan awal dinaikkan maka laju pendinginan akan turun yang biasanya digunakan untuk base metal yang tebal. Heat input akan mempengaruhi material properties pada pengelasan. Pada pengelasan multiple-pass, bagian dari pengelasan pas sebelumnya akan dihaluskan oleh pas selanjutnya, sehingga ketangguhan material akan meningkat. Hal ini disebabkan karena panas dari suatu pass akan mengeraskan weld metal yang sebelumnya.

2.2.8. Salinitas

Salinitas adalah tingkat kadar garam terlarut dalam air atau tanah. Sedangkan Departemen Pertanian mendefinisikan salinitas adalah tingkat keracunan tanah yang disebabkan karena tingginya kadar garam terlarut dalam tanah yang dipengaruhi oleh pasang surut dan intrusi air laut. Pengaruh salinitas terhadap pertumbuhan tanaman dapat berpengaruh secara langsung atau tidak langsung. Pengaruh langsung terhadap pertumbuhan tanaman diakibatkan oleh tingginya konsentrasi garam yang terdapat pada tanah terutama garam NaCl dan karena tingginya potensial osmotik larut.

Salinitas dapat diukur dengan mempergunakan berbagai macam alat, seperti Refraktometer dan Salinometer. Pengukuran konvensional dari salinitas tanah adalah dengan konduktifitas elektrik dari ekstrak jenuh. Nilai daya hantar listrik (DHL) mencerminkan kadar garam yang terlarut. Peningkatan konsentrasi garam yang terlarut akan menaikkan nilai DHL larutan yang diukur menggunakan elektrode platina. Daya hantar listrik (DHL) ekstrak tanah dalam mili-mhos/cm pada 25 °C. Biasanya satuan salinitas adalah per mil (‰), yaitu jumlah berat total (gr) material padat seperti NaCl yang terkandung dalam 1000 gram air laut. Salinitas merupakan bagian dari sifat fisik-kimia suatu perairan, selain suhu, pH, substrat dan lain-lain. Salinitas dipengaruhi oleh pasang surut, curah hujan, penguapan, presipitasi dan topografi suatu perairan. Akibatnya, salinitas suatu perairan dapat sama atau berbeda dengan perairan lainnya. Klasifikasi

Berikut ini merupakan tingkatan Salinitas berdasarkan kandungan Garam Terlarut di dalam Air :

- Air Tawar < 0,05 ‰
- Air payau 0,05 - 3 ‰
- Air saline 3 - 5 ‰
- Brine >5 ‰

Kisaran salinitas air laut adalah 30-35‰, estuari 5-35‰ dan air tawar 0,5-5‰. Kandungan garam pada sebagian besar danau, sungai, dan saluran air alami sangat kecil sehingga air di tempat ini dikategorikan sebagai air tawar. Kandungan

garam sebenarnya pada air ini, secara definisi, kurang dari 0,05‰. Jika lebih dari itu, air dikategorikan sebagai air payau atau menjadi saline bila konsentrasinya 3 sampai 5‰. Lebih dari 5‰, ia disebut brine. Air laut secara alami merupakan air saline dengan kandungan garam sekitar 3,5‰. Beberapa danau garam di daratan dan beberapa lautan memiliki kadar garam lebih tinggi dari air laut umumnya. Sebagai contoh, Laut Mati memiliki kadar garam sekitar 30%

2.2.9. Baja karbon

Baja karbon atau *carbon steel* adalah paduan antara besi (*Fe*) dan karbon (*C*) dimana unsur karbon sangat menentukan sifat-sifatnya. Sedangkan unsur-unsur paduan lainnya yang biasa terkandung didalamnya terjadi karena proses pembuatannya. Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik. Baja dalam pencetakannya dapat berbentuk pelat (*sheet metal*), batangan, pipa dan lain sebagainya. Berdasarkan kadar karbon, baja karbon dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu :

a). Baja Karbon Rendah (*Hypoeutectoid*)

Baja dengan kadar karbon ($< 0,30\%$). Baja ini disebut baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas. Baja karbon rendah bukan termasuk baja yang keras karena kandungan karbonnya rendah ($< 0,30\%$). Baja ini dapat dijadikan mur, baut, peralatan senjata, alat pengangkat presisi.

b). Baja Karbon Sedang (*Eutectoid*)

Baja karbon dengan kadar karbon ($0,30\%$, $0,60\%$) dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, poros bubungan, poros engkol, serta peralatan tangan.

c). Baja Karbon Tinggi (*Hypereutectoid*)

Baja karbon dengan kadar karbon ($> 0,80\%$) dibuat dengan cara digiling panas. Apabila baja ini digunakan untuk bahan produksi, maka harus dikerjakan dalam keadaan panas dan digunakan untuk peralatan mesin berat, batang-batang pengontrol, pegas kumparan dan lain- lain. (H. Amanto, Daryanto, 1999).

2.2.10. Sifat Mekanik Bahan

Dalam pemilihan bahan untuk produk , perancang harus memperhatikan sifat-sifat logam seperti kekuatan (*strength*), keliatan (*ductility*), kekerasan (*hardness*) atau kekuatan luluh (*fatigue strength*). Sifat mekanik didefinisikan sebagai ukuran kemampuan bahan untuk membawa atau menahan gaya atau tegangan. Pada saat menahan beban, atom-atom atau struktur molekul berada dalam kesetimbangan. Gaya ikatan pada struktur menahan setiap usaha untuk mengganggu kesetimbangan ini, misalnya gaya luar atau beban.

a. Bahan liat (*ductile*) dan bahan rapuh (*brittle*)

Bahan-bahan logam biasanya diklasifikasikan sebagai bahan liat (*ductile*) atau bahan rapuh (*brittle*). Bahan liat mempunyai gaya regangan (*tensile strain*) relatif besar sampai dengan titik kerusakan (misal baja atau aluminium) sedangkan bahan rapuh mempunyai gaya regangan yang relatif kecil sampai dengan titik yang sama. Besi cor dan beton merupakan contoh bahan rapuh.

b. Modulus kekerasan (*modulus of toughness*)

Kerja yang dilakukan suatu unit volume bahan, seperti misalnya gaya tarikan yang dinaikkan dari nol sampai suatu nilai yang menyebabkan keruntuhan didefinisikan sebagai modulus kekerasan. Ini dapat dihitung sebagai luasan dibawah kurva tegangan-regangan dari origin sampai titik keruntuhan. Kekerasan bahan adalah kemampuan untuk menyerap energi pada selang plastis dari bahan

c. Batas luluh bahan

Sebenarnya sifat elastis masih terjadi sedikit di atas batas proporsional, namun hubungan antara tegangan dan regangan tidak *linear* dan pada umumnya batas daerah elastis dan daerah plastis sulit untuk ditentukan. Karena itu, maka didefinisikan kekuatan luluh (*yield point*). Kekuatan luluh adalah harga tegangan terendah dimana material mulai mengalami deformasi plastis. Pada gambar tegangan-regangan, memperlihatkan titik luluh atas dan titik luluh bawah yang ditandai oleh pengurangan beban mendadak, diikuti dengan perpanjangan yang meningkat dan peningkatan beban yang mendadak lagi. Gejala ini disebut meluluhnya bahan, yang ditandai dengan perubahan bentuk yang plastis dan naik turunnya beban.

d. Klasifikasi Bahan

Sampai saat ini, diskusi kita adalah didasarkan pada asumsi bahwa bahan mempunyai dua karakteristik, yaitu:

- *Homogen*, yaitu mempunyai sifat elastis yang sama pada keseluruhan titik pada bahan.
- *Isotropis*, yaitu mempunyai sifat elastis yang sama pada semua arah pada setiap titik dalam bahan.

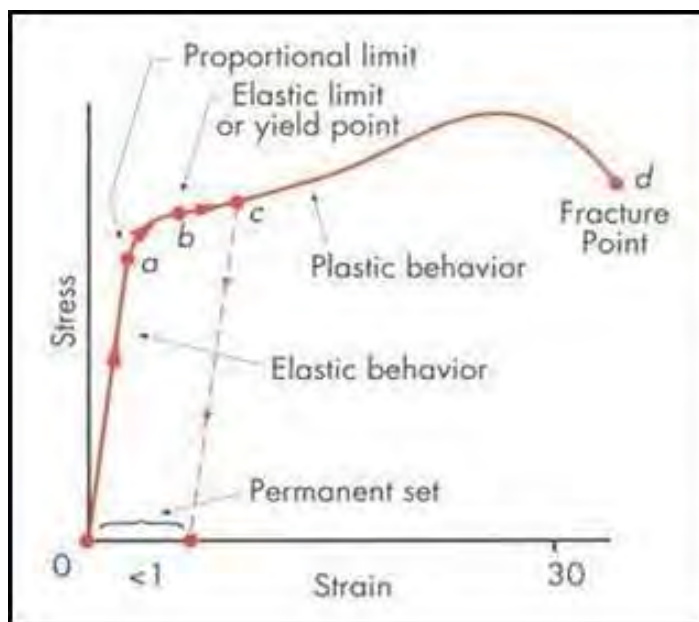
e. Deformasi

Deformasi terjadi bila bahan mengalami gaya. Selama deformasi, bahan menyerap energi sebagai akibat adanya gaya yang bekerja sepanjang deformasi. Sekecil apapun gaya yang bekerja, maka benda akan mengalami perubahan bentuk dan ukuran. Perubahan ukuran secara fisik ini disebut deformasi. Deformasi ada dua macam yaitu deformasi elastis dan deformasi plastis. Yang dimaksud deformasi elastis adalah deformasi yang terjadi akibat adanya beban yang jika beban ditiadakan, maka material akan kembali ke ukuran semula. Sedangkan deformasi plastis adalah deformasi yang bersifat permanen jika bebannya dilepas.

2.2.11. Plat ASTM A36

Dalam penelitian ini digunakan plat ASTM A36 dimana Plat ASTM A36 termasuk dalam golongan baja karbon rendah. Plat ASTM A36 didalam industri kelautan digunakan untuk struktur deck platform dan struktur bangunan terapung lainnya.

Pada pengujian tarik biasanya akan dijumpai diagram tegangan-regangan. Pada diagram tegangan-regangan dapat dibedakan dua daerah, yaitu daerah elastic dan daerah plastis. Pada daerah plastis tersebut akan dijumpai tegangan maksimum yang dimiliki oleh sebuah plat. Sedangkan pada daerah plastis memberikan informasi kekuatan elastic yang menyatakan kemampuan sebuah plat untuk menerima beban tanpa berakibat terjadinya deformasi plastik (perubahan bentuk yang permanen). Kekuatan elastic ditunjukkan oleh titik yield yang merupakan besaryan tegangan yield.



Gambar 2.2 Diagram contoh tegangan regangan

(http://koleksidion.blogspot.com/2009_12_01_archive.html)

2.2.12. Tes Radiografi

Radiografi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam Pengujian Tanpa Merusak atau Non Destructive Test (NDT). Yang dimaksud dengan Pengujian Tanpa Merusak adalah pengujian bahan dengan tidak merusak bahan yang diuji, baik sifat fisik maupun kimia dari bahan tersebut, selama dan setelah pengujian tidak mengalami perubahan. Pengujian dengan metode radiografi merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam pengujian tidak merusak. Metode radiografi mempunyai daya penetrasi dan penyerapan dari radiasi sinar-x dan sinar (gamma), maka radiografi dapat digunakan untuk memeriksa berbagai macam produk antara lain sambungan las, pengecoran, penempaan dan fabrikasi.



Gambar 2.3 Kamera Radiografi

Sumber : http://duniaradiografi.blogspot.com/2003_4_02_archive/menu/library.archive.html

Salah satu Pengujian Tanpa Merusak yang sering diperbincangkan salah satunya ialah mengenai Radiografi. Keuntungan dari pemeriksaan radiografi itu sendiri antara lain :

- Dapat digunakan untuk berbagai jenis material
- Menghasilkan visual image yang permanen
- Dapat memperlihatkan kondisi asli bagian dalam material
- Dapat mengungkapkan kesalahan fabrikasi
- Dapat memperlihatkan bentuk cacat

Kerugian/ keterbatasan dari pemeriksaan radiografi ialah :

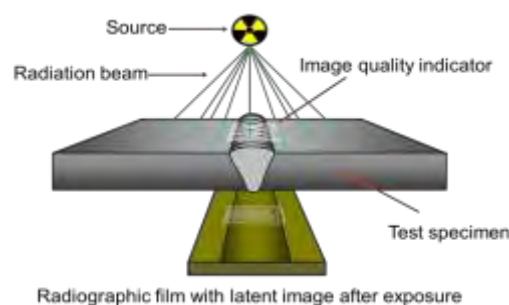
- Tidak praktis digunakan pada spesimen – spesimen yang mempunyai bentuk geometris yang beragam / kompleks
- Spesimen harus cocok untuk dua sisi pekerjaan
- Laminasi tidak dapat dideteksi dengan radiografi
- Pertimbangan keselamatan dan kesehatan dari bahaya yang ditimbulkan sinar-x dan sinar gama haruslah dipikirkan
- Peralatan yang digunakan relatif mahal

Pertimbangan Keselamatan Kerja dan Radiasi prsonil yang melakukan pemeriksaan radiografi sangat perlu untuk dingatkan dan selalu memperhatikan secara terus menerus akan bahaya radiasi dan harus mengenal peraturan keselamatan kerja dengan radiasi. Radiasi tidak dapat dideteksi dengan panca indera kita maka dibutuhkan peraturan pelaksanaan yang ketat sesuai dengan peraturan keselamatan kerja dengan radiasi.

Prosedur Pengujian Radiografi

a. Single Wall Technique

Dalam teknik single wall, radiasi dari pesawat radiografi menembus satu dinding dari material/ las yang kemudian diinterpretasikan. Jarak SFD biasanya > 12 in untuk menghindari unsharpness geometri.



Gambar 2.4 Skema Pemotretan Radiografi

(Sumber:

http://Inspectiodaily.wordpress.com_2013_06_01/menu/gallery_inspectin.archive.html)

b. Double Wall Technique

Ketika teknik single wall tidak memungkinkan untuk dilakukan, maka dapat digunakan teknik double wall.

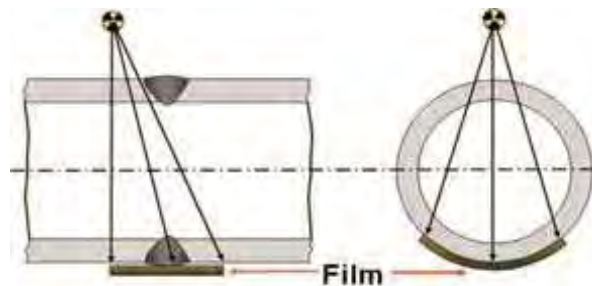
- Single wall view

Dalam teknik single wall, radiasi pesawat radiografi menembus dua dinding dari material/ lasan tetapi yang terinterpretasikan hanya bagian dari material las yang menempel/ paling dekat dengan film/ film side. Agar dapat mencakup semua area material/ lasan melingkar, maka diperlukan penembakan minimal 3x dengan sudut penyinaran (0^0 , 120^0 , 240^0). Untuk dilapangan pada prakteknya digunakan teknik kontak ke permukaan bend uji.

- Double Wall View

Untuk material / lasan yang mempunyai diameter luar nominal 3 ½ inch atau kurang, bisa menggunakan teknik ini. Radiasi dari pesawat radiografi menembus dua sisi dinding material/lasan kemudian kedua dinding tersebut tereka pada film radiografi dan diinterpretasikan. Untuk teknik ini, penetrometer harus diletakkan pada sisi penyinaran / source side.

- ✓ Untuk mencakup semua area weld, minimal 2x penyinaran/ exposure dengan perbedaan sudut penyinaran 90^0 .
- ✓ Sebagai alternatif teknik superimposed boleh digunakan, tetapi minimal 3x penyinaran/ exposure dengan perbedaan sudut 60^0 dan hanya satu sisi dinding/lasan yang diinterpretasikan.
- ✓ Untuk pengaplikasian dilapangan digunakan SFD ± 6 in.



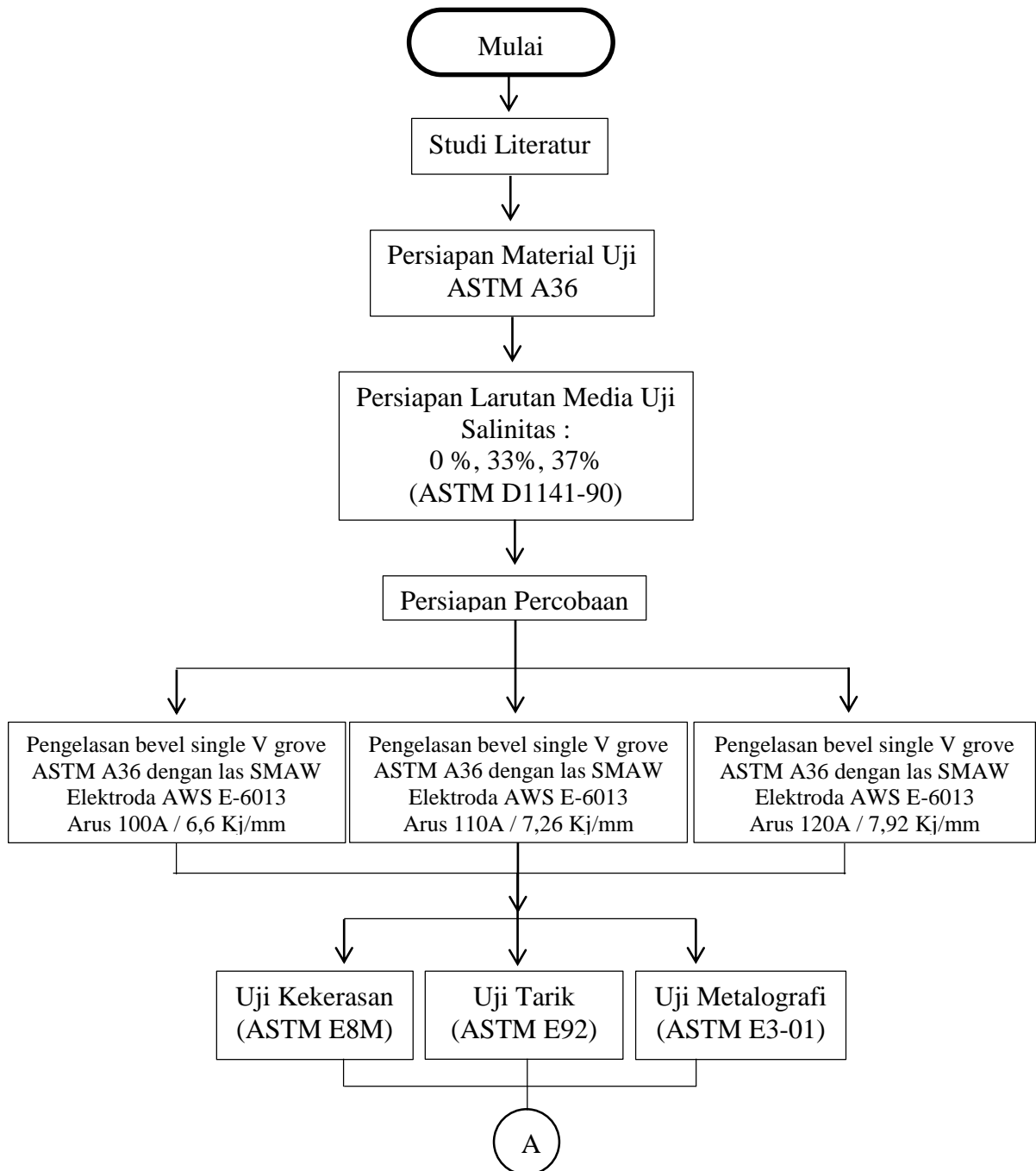
Gambar 2.5 Skema visualisasi penyinaran radiografi
(Sumber: http://radiografifisual.galeria.co.inc_archive.html)

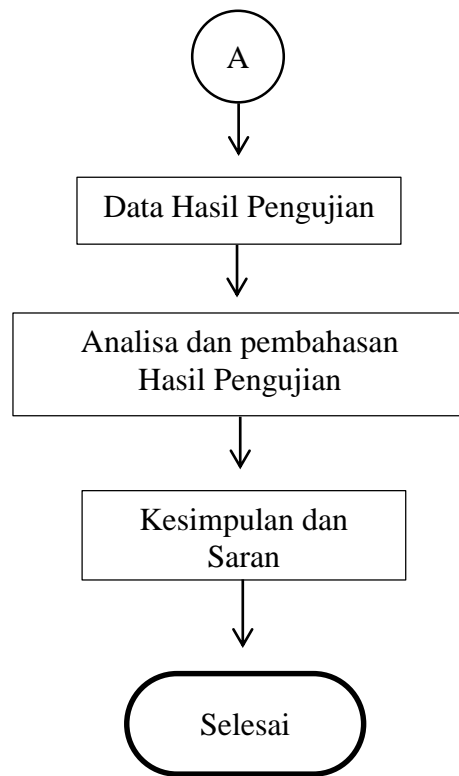
(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Langkah Kerja

Metodologi penelitian yang digunakan dapat digambarkan dalam diagram alir (flow chart diagram) dengan pengerjaan seperti pada gambar berikut :





Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.2. Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian dalam diagram alir pada Gambar 3.1 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Studi Literature meliputi mencari serta mempelajari buku, jurnal, ataupun laporan tugas akhir terdahulu yang membahas pokok permasalahan yang berhubungan dengan tugas akhir ini. Literatur tersebut digunakan sebagai acuan ataupun referensi tugas akhir ini.

2. Persiapan Material Uji pengelasan yaitu pelat baja jenis mild steel dengan kode ASTM A36. Spesimen uji dibuat berbentuk segi 4 dengan ukuran dan tipe sebagai berikut:

- Tipe : Mild steel
- Panjang: 200 mm
- Lebar : 150 mm
- Tebal : 10 mm
- Kampuh : Single V-groove

Peralatan yang digunakan dalam proses persiapan material antara lain:

- a. Mesin gergaji (potong)
- b. Mesin bevelling
- c. Mesin gerinda dan batu gerinda
- d. Kikir

3. Persiapan Larutan Media Uji (Pengganti Air Laut) dilakukan untuk mendapatkan kondisi salinitas yang menyerupai lokasi perairan yang berbeda beda disetiap daerah perairan di dunia. Pada penelitian ini digunakan larutan kimia sebagai pengganti air laut, komposisi kimia pengganti air laut sesuai dengan standar ASTM D1141-90, "*Standard Specification for Substitute Ocean Water*" yaitu pada salinitas 33 ‰ dan 37 ‰ namun dalam penelitian ini ditambahkan pengujian dalam salinitas 0 ‰ yaitu pada air tawar murni.

Untuk membuat komposisi larutan pengganti air laut dibutuhkan beberapa bahan campuran untuk mencapai kadar tertentu pada salinitas yang digunakan dalam penelitian ini.

Untuk memperoleh larutan dengan kadar garam 33⁰/₀₀ dan 37⁰/₀₀ disediakan campuran bahan kimia sesuai dalam tabel dicampur dan diaduk dengan menggunakan pengaduk khusus mencampur larutan, kemudian barulah ditambahkan air suling dingga mencapai 1L. Untuk mendapatkan larutan yang lebih banyak tentunya dengan menambahkan jumlah sesuai dengan takaran per liter seperti dicontohkan.

Tabel 3.1 Komposisi Kimia Larutan Pengganti Air Laut (ASTM D1141-90)

Salinitas (⁰ / ₀₀)	NaCl	MgCl ₂	Na ₂ SO ₄	CaCl ₂	KCl	NaHCO ₃	KBr	H ₃ BO ₃	SrCl ₂	NaF
33	23.13	4.900	4.090	1.090	0.660	0.201	0.101	0.027	0.024	0.003
35	24.53	5.200	4.090	1.160	0.695	0.201	0.101	0.027	0.025	0.003
37	25.93	5.497	4.090	1.230	0.735	0.201	0.101	0.027	0.026	0.003

4. Proses pengelasan ini bertujuan menggabungkan dua buah pelat hingga membentuk sebuah spesimen yang nantinya terbentuk HAZ yang dapat diujikan untuk proses berikutnya. Prosedur pengerjaan pengelasan mengacu pada WPS berdasarkan standar AWS D1.1 2004 tentang prosedur pengelasan material baja. Dalam proses pengelasan ini dilakukan dengan mesin las SMAW dengan 3 macam arus yang berbeda untuk mencapai heat input yang diinginkan yaitu:
 - a. Pengelasan bevel single V groove ASTM A36 dengan las SMAW Elektroda AWS E-6013 Arus 100A / 6,6 Kj/mm
 - b. Pengelasan bevel single V groove ASTM A36 dengan las SMAW Elektroda AWS E-6013 Arus 110A / 7,26 Kj/mm
 - c. Pengelasan bevel single V groove ASTM A36 dengan las SMAW Elektroda AWS E-6013 Arus 120A / 7,92 Kj/mm

Seluruh proses pengelasan tersebut dilakukan dalam 3 macam salinitas yang telah disiapkan dalam proses sebelumnya sehingga didapatkan 9 spesimen yang akan digunakan untuk pengujian selanjutnya

Untuk pelaksanaan pengelasan SMAW Undewater Wet Welding ini disiapkan beberapa alat diantaranya :

1. Mesin las SMAW lengkap dengan peralatan (*equipment*)-nya
2. Pelindung Mata (Kacamata Las)
3. Sarung Tangan
4. Masker
5. Sikat Baja
6. Palu
7. Penggaris
8. Jangka Sorong
9. *Stopwatch*
10. Bak Las
11. Thermometer
12. Marker
13. Gerinda

SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*)

- **Persiapan**

Untuk Mempersiapkan pengelasan SMAW Underwater sebelumnya melakukan pemotongan plat sesuai dengan ukuran spesimen yang dibutuhkan dalam pengelasan yaitu:

1. Spesimen baja A36 dengan ukuran 150 x 200 x 10 mm yang telah di bevel.
2. Elektroda las AWS E6013 RB 26 Diameter 2,6 mm, diberikan coating lilin agar elektroda tidak langsung berinteraksi dengan air.
3. Larutan media uji pada salinitas 0⁰/₀₀, 33⁰/₀₀, 37⁰/₀₀.



Gambar 3.2 Elektroda E6013 RB 26

- Langkah-langkah Pengelasan SMAW Underwater secara Umum adalah:
 1. Dari plat yang telah dipotong sebelumnya untuk bagian groove diperhalus menggunakan gerinda agar tidak ada cacat las akibat permukaan base metal yang kasar.
 2. Dari plat yang telah siap dan bersih usai di gerinda disusun dan diberi penegar dibagian belakang plat dan di sambungkan dengan tack weld pada ujung ujungnya.
 3. Mempersiapkan Mesin Las SMAW sesuai dengan parameter yang telah ditentukan dari WPS. Adapun spesifikasi prosedur pengelasan (WPS) adalah sebagai berikut:

WPS

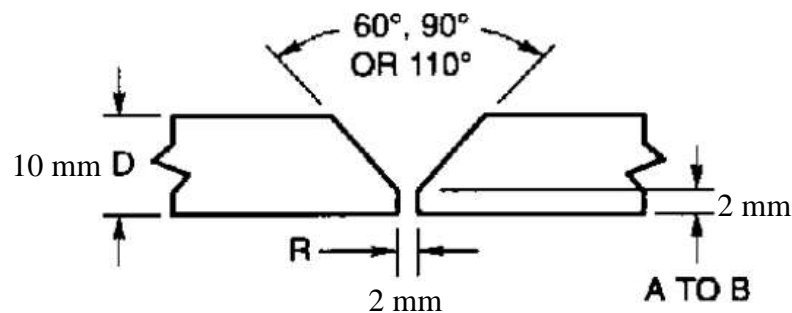
Welding process	: SMAW
Type	: Manual
Joint Design	: Butt Joint, Single V-groove
Base metal	: Groove : 5-10mm
Filler Metal	: AWS no. E 6013
Diameter	: 2,6 mm
Welding position	: 1 G (flat position)
Interpass Temperature	: no
Current	: DC

Polarity : DCSP (Straight polarity)

Ampere range : 100 – 120 Ampere

Voltage : 220 V

Travel of speed : 70 - 100 mm/minute



Gambar 3.3 Bentuk Joint yang digunakan pada pengelasan

4. Proses pengelasan mulai dilakukan di dalam bak yang telah berisi larutan media uji dengan kedalaman 10 cm.
5. Setelah pengelasan pada layer pertama selesai maka permukaan las dibersihkan dari kerak las dengan menggunakan palu dan sikat baja.
6. Permukaan las dibuat rata dengan menggunakan gerinda untuk membentuk alur las bagi layer kedua dan seterusnya sampai layer ke 3.

5. Pemotongan Plat Untuk Spesimen Uji

Sebelum melakukan pemotongan plat sebelumnya dilakukan Uji Radiografi yang merupakan *Non dDestructif Test* untuk meninjau apakah spesimen yang akan dibuat nantinya merupakan spesimen yang layak diujikan atau tidak. Tujuan dilakukannya Radiografi hanya sebaytas melihat kedalam hasil lasan agar saat pemotongan dapat memilih daerah yang sempurna dan tidak cacat. Setelah itu baru di ukur dan ditandai bagian man saja yang akan dilakukan pemotongan.

6. Pembuatan Spesimen Uji

a. Spesimen Uji Tarik

Setelah pemotongan plat dilakukan, kemudian dilakukan pembentukan spesimen uji sesuai dengan standard AWS D1.1 2004. Setiap plat yang telah dipotong terdapat tiga sampel spesimen uji. Pada las SMAW yang dilakukan di salinitas 0, 33, 37 masing – masing memiliki tiga sampel spesimen uji tarik.

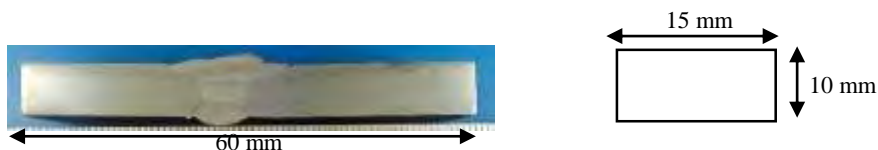


Gambar 3.4 Spesimen Uji Tarik

b. Spesimen untuk Pengamatan Metalografi

Persiapan yang dilakukan untuk pembuatan spesimennya adalah:

1. Dimensi spesimen dengan ukuran 60 mm x 15 mm x 10 mm.



(a) Spesimen Tampak Depan

(b)Specimen Tampak Samping

Gambar 3.5 Spesimen Metalografi

2. Dilakukan proses sekrab untuk mendapatkan bentuk yang sesuai dengan ukuran.
3. Hasil dari proses sekrab dihaluskan dengan menggunakan gerinda.
4. Bagian tajam dihaluskan menggunakan kikir.
5. Permukaan yang akan diamati dihaluskan dengan mesin poles.

6. Pemolesan dilakukan dengan kertas gosok *waterproof grade* 240, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500, dan 2000.
7. Apabila saat di poles hasil polesannya tidak terlalu terlihat sebaiknya mengganti dengan kertas gosok yang baru.
8. Pemolesan dikatakan berhasil apabila permukaan spesimen mengkilap, bersih, dan tidak ada lagi goresan.
9. Untuk foto makro, permukaan spesimen dietsa sesuai dengan ASTM E 340; Sedangkan untuk foto mikro, permukaan spesimen dietsa dengan nilai 4% sesuai standar ASTM E 407, kemudian ditaburi serbuk alumina dengan kain wol pada permukaan spesimen.

c. Spesimen Uji Kekerasan

Ukuran untuk spesimen uji kekerasan sama dengan ukuran dari spesimen uji mikro dan makro, bedanya terletak pada permukaan spesimen yang tidak dietsa.

7. Pelaksanaan Pengujian

Pengujian hasil las lasan dilakukan dengan membagi setiap spesimen yang dilas dengan variasi arus dan salinitas menjadi 3 bagian untuk mendapatkan Uji Tarik (ASTM E8M), Uji Kekerasan (ASTM E92) dan Pengamatan Metalografi (ASTM E3-01). Kemudian apabila memungkinkan untuk setiap pengujian dilakukan sebanyak 3 kali sehingga spesimen tersebut dibagi menjadi 3 bagian yang sama kembali untuk masing masing pengujian.

a. Uji Tarik

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik (σ_u), kekuatan luluh (σ_y) dari sambungan las. Dari uji tarik ini diperoleh kualitas sambungan las, apakah spesimen putus didaerah lasan atau didaerah lain. Proses uji tarik dilakukan di Laboratorium PPNS Surabaya.



Gambar 3.6 Pelaksanaan Uji Tarik

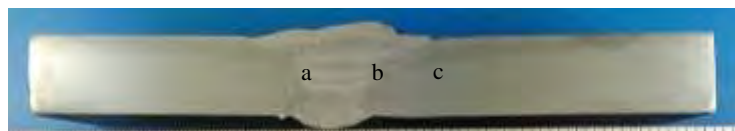
b. Pengamatan Metalografi

1. Untuk pengamatan foto makro, dilakukan dengan menggunakan kamera manual merk Canon. Pengamatan makro dilakukan pada 9 spesimen, yaitu didaerah sambungan hasil pengelasannya.



Gambar 3.7 Alat Pengamatan Struktur Makro

2. Untuk pengamatan foto mikro, dilakukan dengan menggunakan mikroskop dengan pembesaran 100x dan 400x di Laboratorium Kontruksi dan Kekuatan Jurusan Teknik Perkapalan.



Gambar 3.8 Pesisir Titik Pengambilan Foto Mikro



Gambar 3.9 Mikroskop dengan Kamera untuk pengambilan Foto Mikro

c. Uji Kekerasan



Gambar 3.12 Alat Uji Mikro Hardness vickers

Pengujian kekerasan dengan menggunakan metode Vickers dengan indentasi sebesar Hv10. Daerah yang diuji meliputi :

Daerah yang diuji kekerasan adalah sebagai berikut :

- Daerah *top*, yaitu 2 mm dari permukaan *top* terluar. Pengukuran dimulai dari pusat weldmetal sampai ke base metal dengan jarak 2 mm setiap titiknya secara horizontal.
- Daerah pada *center*, pengukuran dimulai dari pusat weldmetal sampai ke base metal dengan jarak 2 mm setiap titiknya secara horizontal.
- Daerah *root*, yaitu 2 mm dari permukaan *root* terluar. Pengukuran dimulai dari pusat weldmetal sampai ke base metal dengan jarak 2 mm setiap titiknya secara horizontal.

8. Analisa dan Pembahasan

Dari data yang diperoleh dari pengujian berbagai spesimen dikelompokkan dan kemudian diolah agar dapat disampaikan dengan mudah dan komunikatif. Analisa dan pembahasan mengenai data hasil pengujian tersebut tidak akan jauh jauh seputar pengaruh heat input dan slinitas terhadap sifat mekanik hasil lasan dimana nantinya akan didapat hubungan diantara variabe lvariabel tersebut.

9. Kesimpulan

Kemudian untuk selanjutnya dapat membuat kesimpulan yang sesuai dengan perumusan masalah dalam penelitian ini dan dapat memberikan saran untuk penelitian selanjutnya sebagai penyempurnaan penelitian ini.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB IV

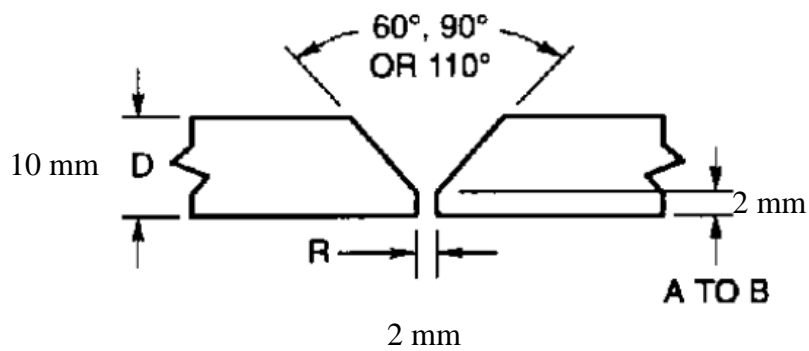
ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Welding Prosedure Standard (WPS)

Proses Pengelasan ini bertujuan untuk menyambungkan dua buah bagian sisi plat hingga membentuk sebuah spesimen yang nantinya dapat diperoleh bagian HAZ yang akan digunakan untuk pengujian berikutnya. Prosedur pengelasan tersebut mengacu kepada WPS berdasarkan standar AWS D1.1 2004 tentang prosedur pengelasan material baja. Adapun spesifikasi prosedur pengelasan sebagai berikut:

WPS

Welding process	: SMAW
Type	: Manual
Joint Design	: Butt Joint, Single V-groove
Base metal	: Groove : 5-10mm
Filler Metal	: AWS no. E 6013
Diameter	: 2,6 mm
Welding position	: 1 G (flat position)
Interpass Temperature	: no
Current	: DC
Polarity	: DCSP (Straight polarity)
Ampere range	: 100 – 120 Ampere
Voltage	: 220 V
Travel of speed	: 70 - 100 mm/minute



Gambar 4.1 Bentuk Joint yang digunakan pada pengelasan

4.2. Data Rekaman Pengelasan

Sesuai dengan WPS yang telah direncanakan pengelasan telah diusahakan konstan dengan nilai rata rata travel speed sebesar 73.02 mm/menit. Sehingga dapat diketahui besar Heat Input yang terjadi disaat pengelasan. Untuk dapat mengetahui nilai heat input tersebut dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 4.1 Perhitungan Heat Input

no	Salinitas (%)	V (Volt)	I (Ampere)	Time(average) (menit)	Heat Input (KJ/mm)
1	0	220	100	2.05	18.08
2	0	220	110	2.05	19.88
3	0	220	120	2.05	21.69
4	33	220	100	2.05	18.08
5	33	220	110	2.05	19.88
6	33	220	120	2.05	21.69
7	37	220	100	2.05	18.08
8	37	220	110	2.05	19.88
9	37	220	120	2.05	21.69

Keterangan :

$$HI = (A * V) / (Ts * 1000)$$

HI : Heat Input (Kj/mm)

A : Ampere

V : Voltage

Ts : Travel speed (mm/detik)

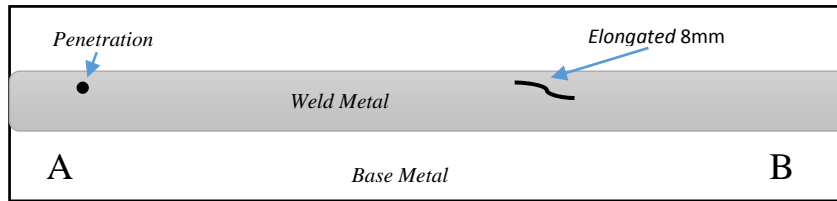
4.3. Pemotongan Material untuk Spesimen Uji

Pada hasil pengelasan dengan SMAW yang dilakukan didalam lingkungan bawah air dengan salinitas yang diubah ubah tentunya merupakan kesulitan tersendiri bagi teknisi yang melakukan pengelasan. Pengelasan yang dilakukan pada posisi 1G didalam air pastinya akan menghasilkan banyak gelembung gas dan asap yang menyebabkan teknisi (*welder*) kesulitan dalam melakukan pengelasan. Tidak hanya visual hasil yang kurang rapi namun juga pastinya akan sering ditemukan cacat pengelasan pada weld metal. Untuk memilih bagian material hasil pengelasan yang baik maka dilakukan uji radiografi untuk memastikan kondisi *weld metal* yang akan dipotong untuk diambil sebagai spesimen uji.

Tabel 4.2 Hasil Uji Radiografi

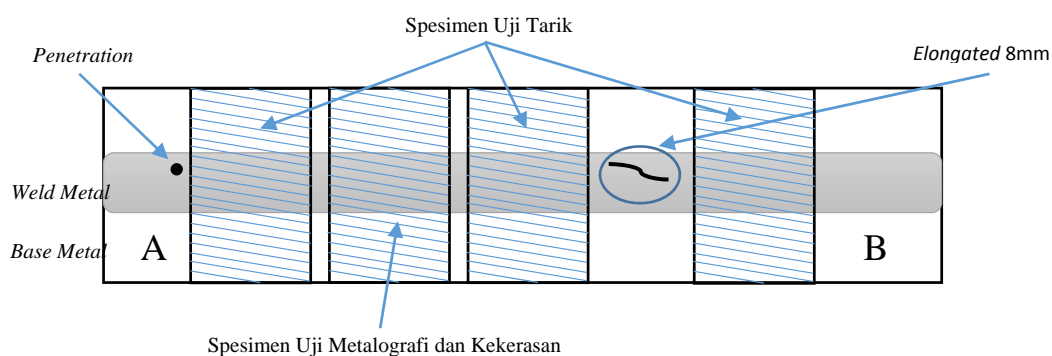
No	Salinity	Ampere	Result	comment
1	0	100	REJ	P: 4mm, elongated: 8mm
2	0	110	ACC	toleransi
3	0	120	ACC	toleransi
4	33	100	REJ	Cluster: 8mm
5	33	110	REJ	P: 3mm
6	33	120	ACC	toleransi
7	37	100	ACC	Toleransi
8	37	110	ACC	Toleransi
9	37	120	ACC	toleransi

Pada tabel Uji Radiografi untuk material hasil pengelasan yang ACC tidak menjadi masalah dalam pemilihan bagian plat yang akan dibentuk menjadi spesimen Uji. Untuk Material pengelasan dengan hasil Rej (*Reject*) maka pada hasil radiografi untuk bagian yang cacat seperti tertera pada *comment* di tabel uji radiografi dibuang dan tidak dijadikan spesimen uji selanjutnya.



Gambar 4.2. Contoh Ilustrasi Hasil Radiografi

Seperti pada ilustrasi pada gambar 4.2 untuk bagian cacat pengelasan tidak dijadikan spesimen uji namun dibuang. Plat yang disediakan pada percobaan ini memiliki dimensi 150 mm x 200 mm x 10 mm dengan hasil akhir pengelasan didapatkan panjang *weld metal* 200 mm. Dari panjang tersebut akan diambil sebagai uji tarik sepanjang 20 mm sebanyak 3 kali dan satu spesimen uji kekerasan yang juga merupakan uji metalografi sepanjang 15 – 20 mm. Dengan kebutuhan spesimen uji sebanyak 80 mm diambilkan dari bagian weld metal yang tidak memiliki cacat didalamnya.



Gambar 4.3. Ilustrasi Pengambilan Spesimen Uji

Untuk pengambilan bagian weld metal yang digunakan sebagai spesimen uji seperti pada ilustrasi gambar 4.3 pada bagian terarsir merupakan bagian yang diambil untuk spesimen uji sedangkan sisanya dibuang karena selain berlebih dari segi ukuran yang diperlukan untuk spesimen uji, dalam bagian tersebut juga mengandung cacat yang tidak bisa digunakan sebagai spesimen uji.

4.4. Visual Hasil Pengelasan

Pengelasan SMAW Underwater Wet Welding yang dilakukan sesuai dengan WPS yang telah disusun sebelumnya tentunya akan menghasilkan tampilan visual yang kurang bagus karena media larutan yang mengganggu jalannya proses pembakaran elektroda pada saat jalannya pengelasan. Berikut ini merupakan penampakan hasil las – lasan dengan menggunakan SMAW Underwater Wet Welding.



Hasil Lasan Salinitas 0 ‰



Hasil Lasan Salinitas 33 ‰



Hasil Lasan Salinitas 37 ‰

Gambar 4.4 Hasil Lasan SMAW Underwater yang telah dipotong untuk Spesimen

Dari visualisasi hasil las – lasan dari setiap salinitas diatas dapat sedikit disimpulkan bahwa secara umum pengelasan dibawah air sangatlah sulit sehingga akan menghasilkan bentuk visual yang lebih jelek dibandingkan dengan pengelasan SMAW normal di darat. Dikarenakan adanya larutan yang mengelilingi proses pengelasan sehingga menimbulkan gelembung udara dan gas pekat yang langsung mengenai welder mengakibatkan pandangan welder terhadap alur las lasan menjadi kabur dan tidak jelas. Gelembung gas dan asap yang terjadi ketika pengelasan sangat mengganggu jalannya pengelasan dan menyebabkan alur pengelasan menjadi tidak teratur. Apabila hasil lasan diujikan secara visual tentunya hal ini tidak dapat diterima karena sudah melewati kriteria yang ada dimana banyak cacat yang terlihat secara visual dari hasil lasan. Namun untuk pengelasan bawah air ini memiliki kriteria tersendiri dimana kampuh las yang terisi sempurna sudah dapat diterima secara visual. Tidak dapat dipungkiri pula untuk hasil las yang dilakukan di dalam air akan banyak ditemui cacat, seperti *porosity* dan *undercut* yang mana *Porosity* merupakan salah satu bentuk cacat akibat terperangkapnya gas di las-lasan. Ketika pengelasan dilakukan gelembung yang tertahan oleh air belum sempat dikeluarkan sehingga terperangkap didalam las – lasan.

4.5. Hasil Uji Tarik (*Tensile Test*)

Dalam pelaksanaan uji tarik disesuaikan dengan standar ASTM E8 tentang metode standar pengujian tarik material logam untuk mendapatkan besarnya nilai kekuatan maksimum (*ultimate stress*). Besarnya *tensile range* mesin uji antara 400 – 550 MPa. Pelaksanaan proses uji tarik ini dilakukan didalam ruangan pada kondisi suhu normal (27°C). Data hasil uji tarik dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 4.3 Rekap Data Uji Tarik

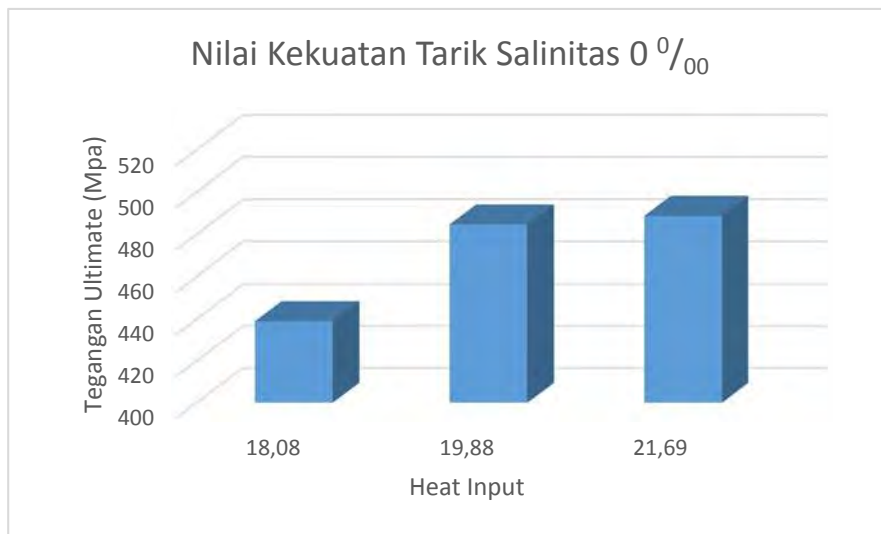
No	Area	Yield Force	Yield Stress (Mpa)	Max Force (kN)	Max Stress (Mpa)	Elongation (%)	salinitas ‰
1	121.5	39.98	329.06	51.37	471.67	10.13	0
	121	39.48	326.281	50.87	420.4132	9.63	
	122	40.48	331.8033	51.87	425.1639	10.63	
2	128	42.91	335.24	62.04	484.66	23.98	
	127.5	42.41	332.6275	61.54	482.6667	23.48	
	128.5	43.41	337.821	62.54	486.6926	24.48	
3	123.7	43.23	349.5	60.46	488.74	26.33	
	123.2	42.73	346.8344	59.96	486.6883	25.83	
	124.2	43.73	352.0934	60.96	490.8213	26.83	
4	142.5	53.04	372.18	72.56	509.18	18.16	33
	142	52.54	370	72.06	507.4648	17.66	
	143	53.54	374.4056	73.06	510.9091	18.66	
5	134.8	46.28	343.31	66.99	496.93	16.12	
	134.3	45.78	340.8786	66.49	495.0856	15.62	
	135.3	46.78	345.7502	67.49	498.8174	16.62	
6	122.4	42.67	348.58	59.51	486.21	15.08	
	121.9	42.17	345.9393	59.01	484.0853	14.58	
	122.9	43.17	351.2612	60.01	488.2832	15.58	
7	128.8	48.63	377.56	60.84	472.39	21.89	37
	128.3	48.13	375.1364	60.34	470.304	21.39	
	129.3	49.13	379.9691	61.34	474.4006	22.39	
8	132	44.28	335.4545	62.29	471.8939	16.22	
	133	43.28	325.4135	61.79	464.5865	15.72	
	131	45.28	345.6489	62.79	479.313	16.72	
9	144.4	49.85	345.24	59.94	415.12	6.11	
	143.9	49.35	342.9465	59.44	413.0646	5.61	
	144.9	50.35	347.481	60.44	417.1153	6.61	

Dari tabel diatas dapat diketahui besarnya gaya tarik dalam satuan kN. Untuk mengetahui besarnya tegangan lainnya yang terjadi selama pengujian dapat dihitung dengan mengkonversikan besar gaya tarik menjadi Ultimate stress (dari kN menjadi kgf/mm²). Secara umum dari hasil pengujian diatas dapat dilihat bahwa kekuatan tarik material las masih dalam cakupan kekuatan maksimum dari base metal.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Data Rata – Rata Hasil Uji Tarik

No	Area	Yield Force	Yield Stress (Mpa)	Max Force (kN)	Max Stress (Mpa)	Elongation (%)	salinitas ‰
1	121.5	39.98	329.0481	51.37	439.0824	10.13	0
2	128	42.91	335.2295	62.04	484.6731	23.98	0
3	123.7	43.23	349.4759	60.46	488.7499	26.33	0
4	142.5	53.04	372.1952	72.56	509.1846	18.16	33
5	134.8	46.28	343.3129	66.99	496.9444	16.12	33
6	122.4	42.67	348.5935	59.51	486.1928	15.08	33
7	128.8	48.63	377.5552	60.84	472.3649	21.89	37
8	132	44.28	335.5056	62.29	471.9311	16.22	37
9	144.4	49.85	345.2225	59.94	415.1	6.11	37

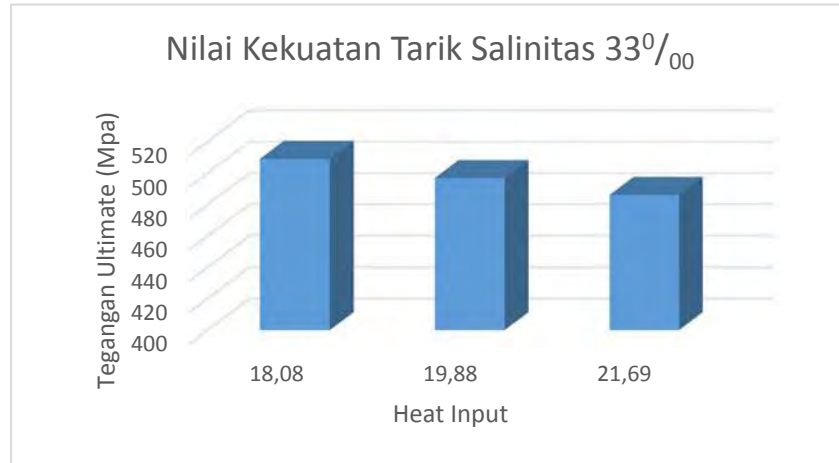
Untuk mempermudah dalam pemahaman akan hasil rata rata dari data uji tarik dapat dilihat dari beberapa grafik hubungan salinitas dan kekuatan tarik dibawah ini.



Gambar 4.5 Grafik Perubahan Kekuatan Tarik pada Salinitas 0 ‰

Pada Kondisi salinitas 0 ‰ dimana biasanya dimiliki oleh Air Tawar, nilai kekuatan tarik dari hasil las lasan menunjukkan peningkatan seiring dengan naiknya heat input yang diberikan saat pengelasan. Hal ini dapat saja terjadi karena larutan dengan salinitas 0 ‰ masih tergolong encer sehingga gelembung udara hasil

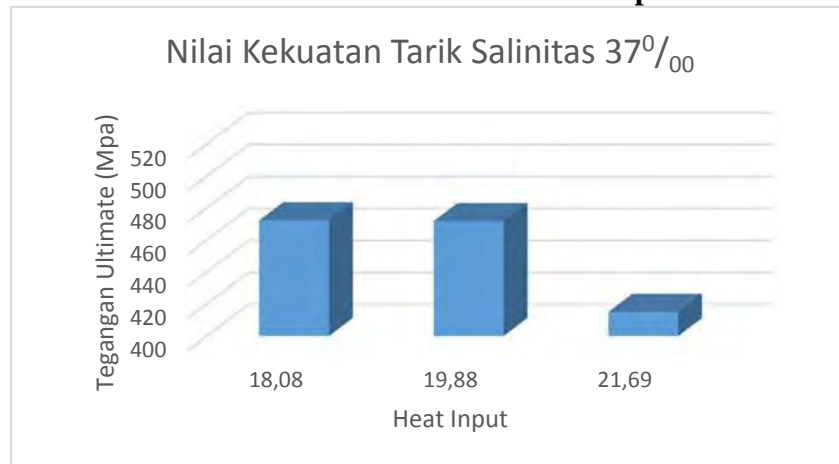
pengelasan sedikit mudah untuk keluar sehingga cacat las (*porosity* dan *undercut*) yang terjadi lebih sedikit dibandingkan salinitas di atasnya.



Gambar 4.6 Grafik Perubahan Kekuatan Tarik pada Salinitas 33⁰/₀₀

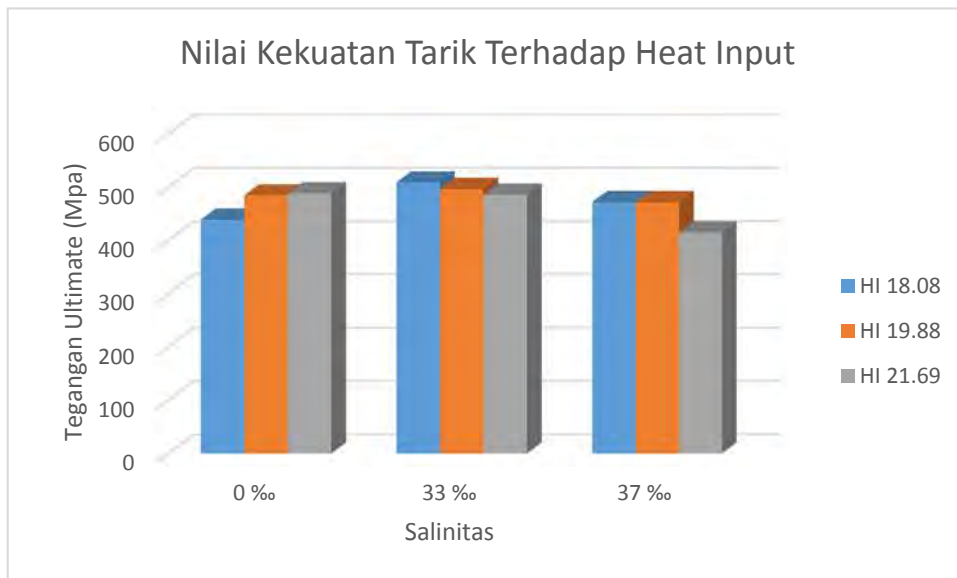
Untuk salinitas 33⁰/₀₀ dimana kondisi larutan lebih pekat mengakibatkan kondisi pengelasan yang semakin sulit dengan adanya gelembung gas pekat yang menghalangi pandangan welder dan juga gelembung udara yang terperangkap pada lasan semakin meningkat dibandingkan sebelumnya. Hal ini mengakibatkan nilai kekuatan tarik menjadi turun seiring naiknya heat input yang diberikan. Selain gelembung udara, pada salinitas yang lebih tinggi akan mengalami kondisi pendinginan yang lebih cepat.

Gambar 4.7 Grafik Perubahan Kekuatan Tarik pada Salinitas 37⁰/₀₀



Pada Salinitas 37⁰/₀₀ juga mengalami penurunan kekuatan tarik seiring naiknya heat input yang diberikan pada lasan. Hal ini juga terjadi pada salinitas

sebelumnya karena semakin pekat kadar garam yang terlarut dalam air akan semakin mengganggu jalannya proses pengelasan.

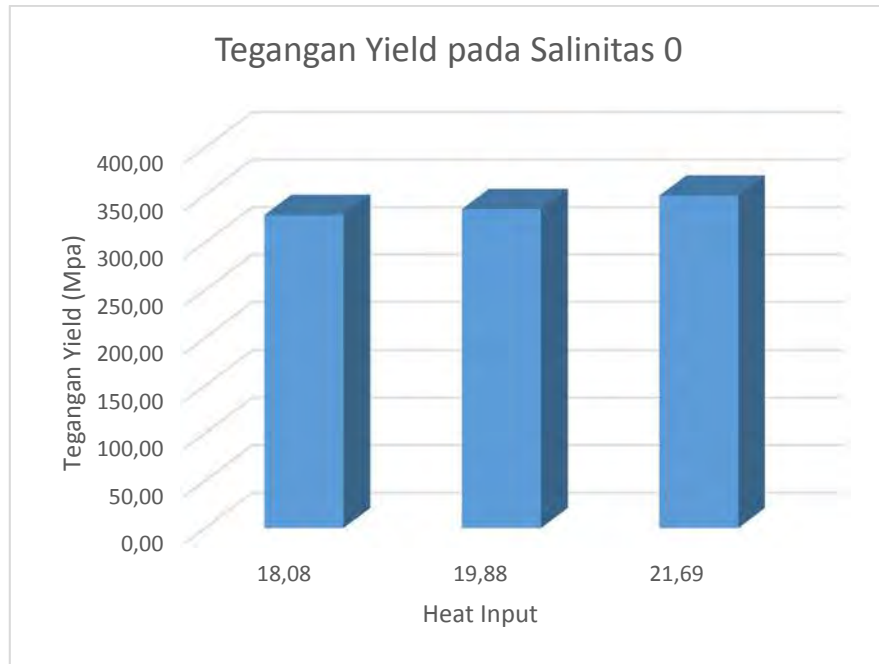


Gambar 4.8 Grafik Kekuatan Tarik Terhadap Heat Input

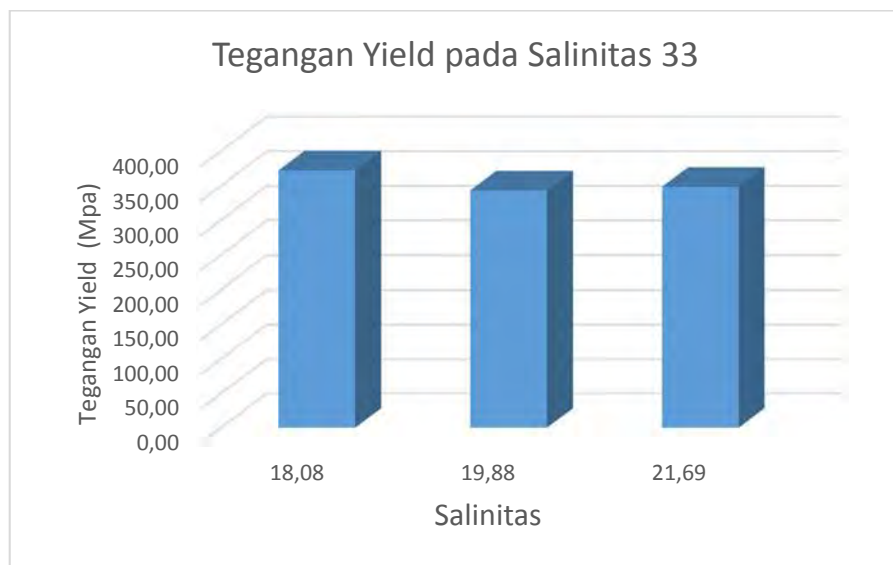
Dari Grafik kekuatan tarik terhadap heat input diatas sedikit menjelaskan ketika pengelasan SMAW dilakukan pada larutan encer seperti pada salinitas 0⁰/₀₀ akan mengalami kenaikan nilai kekeraan seiring naiknya heat input namun jika dilakukan pada larutan yang lebih pekat semakin pekat diatas 33⁰/₀₀ maka nilai kekuatan tarik lasan tersebut mengalami penurunan seiring naiknya heat input yang diberikan.

Pengujian Tarik tidak hanya memberikan informasi Tegangan Ultimate dari spesimen yang diujikan namun juga dapat diketahui beberapa informasi lain seperti perubahan atau penambahan panjang dari spesimen yang telah diuji tarik. Ketika penambahan panjang dari spesimen uji semakin besar maka semakin besar pula sifat elastisitas dari spesimen yang diujikan.

Sedangkan untuk informasi Tegangan Yield dapat dilihat dalam beberapa grafik berikut.

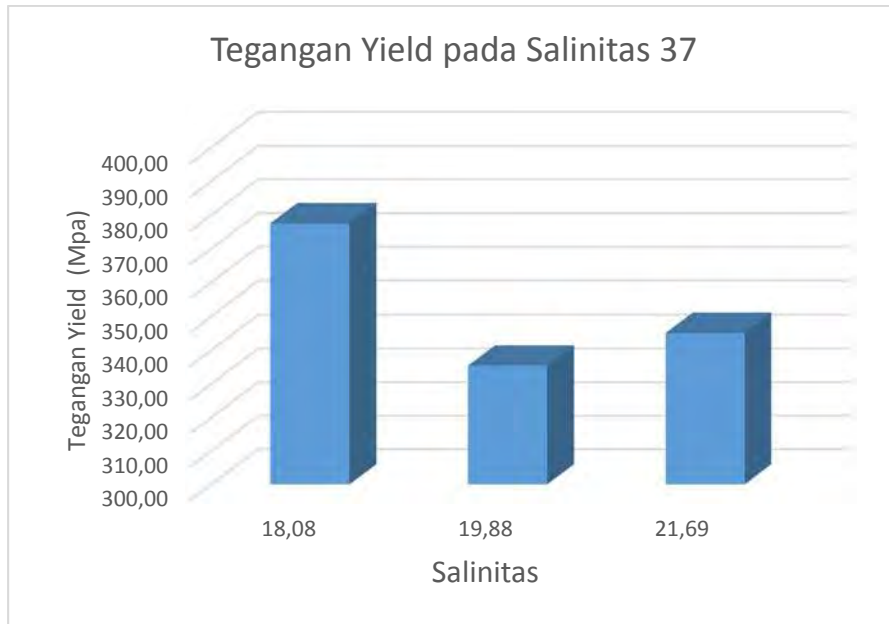


Gambar 4.9 Grafik Tegangan Yield terhadap Salinitas



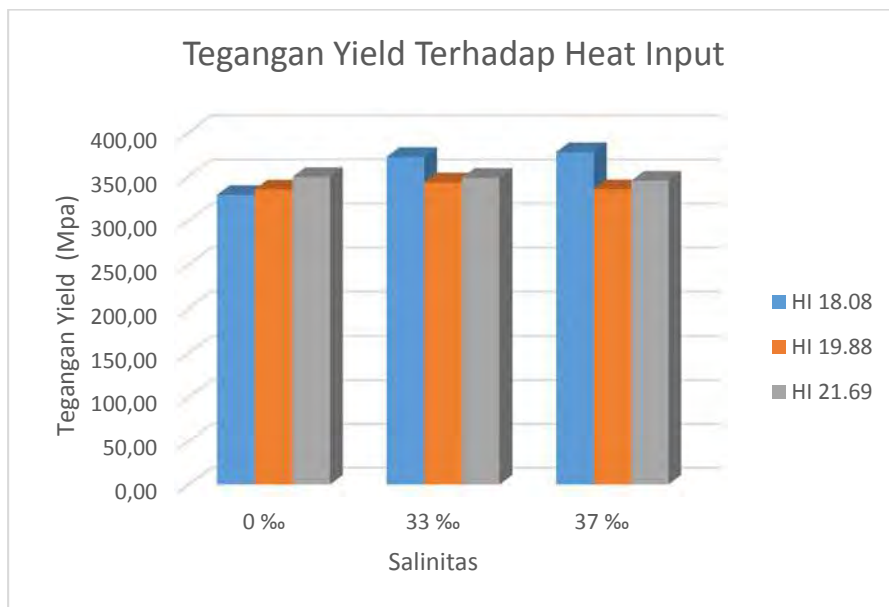
Gambar 4.10 Grafik Tegangan Yield terhadap Salinitas

Pada grafik diatas dapat diketahui untuk Salinitas 0^{0/00} spesimen yang dilas dengan Heat Input tertinggi mendapati peringkat tertinggi pula untuk Tegangan Yield yang dimiliki yaitu sebesar 349.475 Mpa dengan Standar Deviasi 2.761 dan Hasil Perhitungan didapati Tegangan Yield nya antara 347.95 – 350.994 Mpa Pada Salinitas 33^{0/00} tertinggi pada 372.18 dengan Hasil Perhitungan antara 370.9234 – 373.467 Mpa.



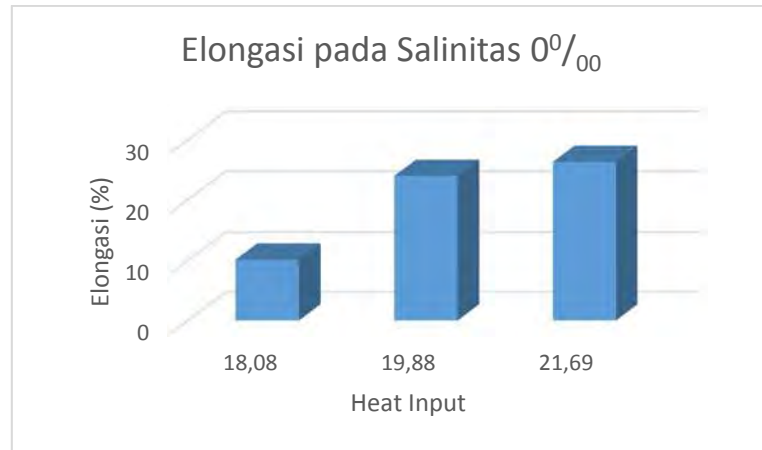
Gambar 4.11 Grafik Tegangan Yield terhadap Salinitas

Begitu pula dengan salinitas 37 ‰ nilai Tegangan Yield tertinggi pada spesimen dengan pengelasan Heat input yang rendah dengan hasil pengujian tegangan yield sebesar 377.555 Mpa dan jika diperhitungkan didapati kisaran nya sebesar 376.1601 – 378.950 Mpa.

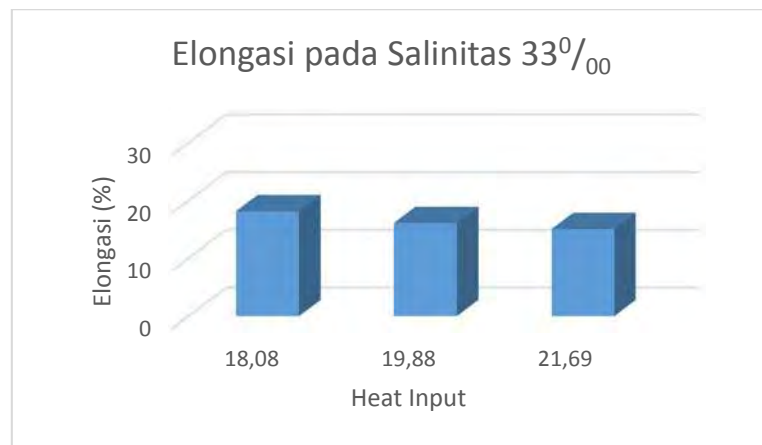


Gambar 4.12 Grafik Tegangan Yield terhadap Heat Input

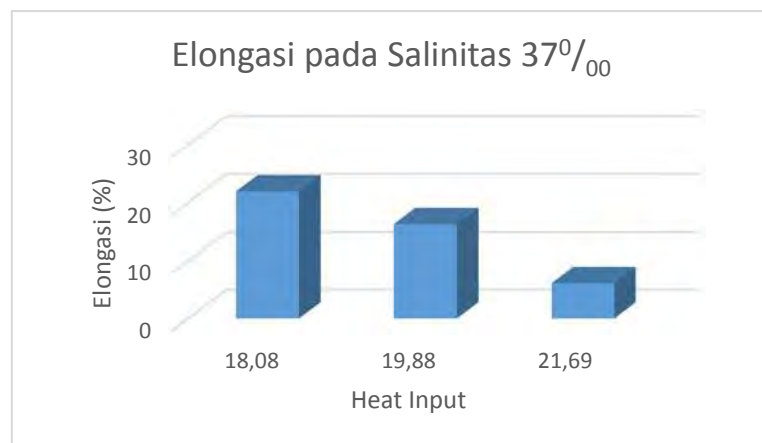
Jika disatukan dalam satu grafik dapat dilihat bahwa pada salinitas yang kental terjadi perubahan pada hasil pengujian dimana semakin dinaikan Heat Inputnya pada hasil pengujian tersebut turun pada heat input sedang dan naik kembali pada heat input yang tinggi.



Gambar 4.13 Grafik Elongasi pada Salinitas 0‰

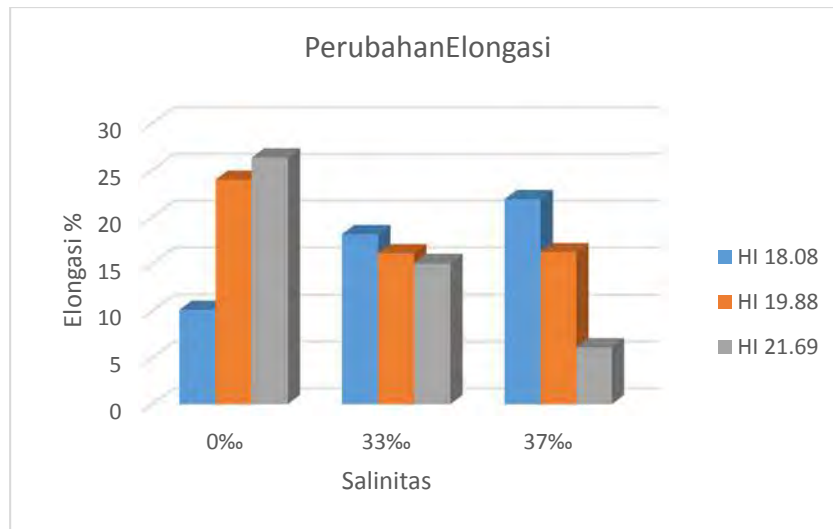


Gambar 4.14 Grafik Elongasi pada Salinitas 33‰



Gambar 4.15 Grafik Elongasi pada Salinitas 37‰

Grafik perubahan elongasi diatas menunjukan pada setiap salinitas untuk kondisi dimana heat input dinaikan akan mempengaruhi keelastisitasannya.

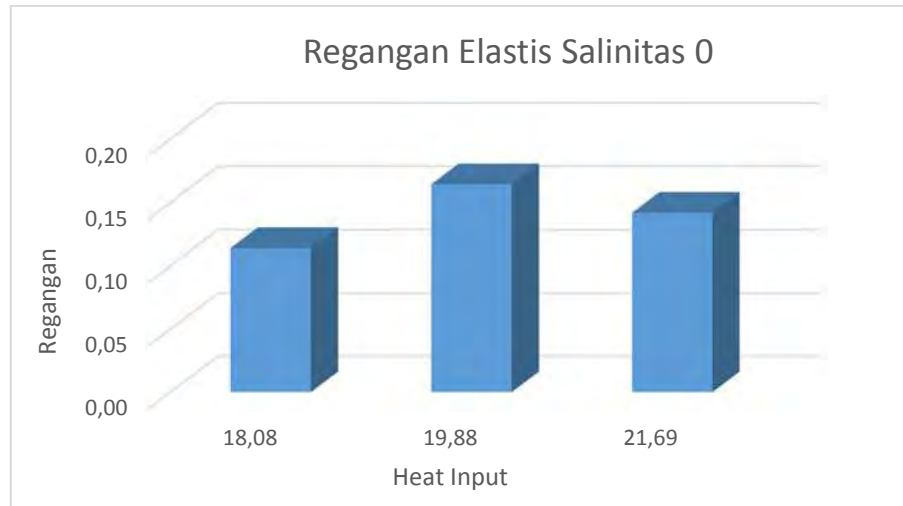


Gambar 4.16 Grafik Perubahan Nilai Kekuatan Tarik hasil lasan terhadap Perbahan Heat Input dan Salinitas

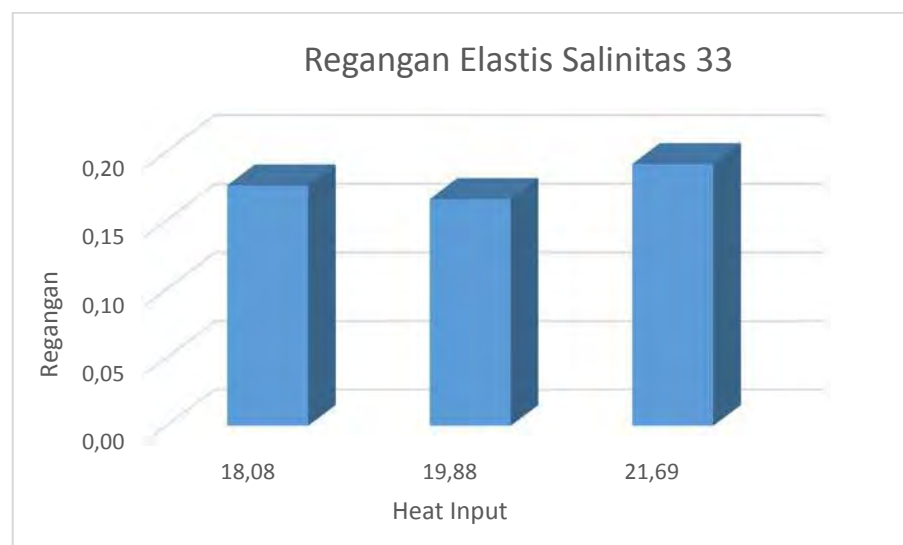
Hampir sama dengan hasil perubahan nilai kekuatan tarik dari spesimen benda uji sebelumnya dimana elongasi atau penambahan panjang dari percobaan tersebut semakin meningkat ketika masih berada pada larutan encer yaitu pada salinitas 0‰ seiring penambahan heat input pada proses pengelasan. Namun sebaliknya pada salinitas yang lebih tinggi dan makin tinggi terjadi penurunan elongasi seiring penambahan heat input pada proses pengelasan.

Sehingga dengan hasil tersebut dapat kita simpulkan bahwa masih ada hubungan antara nilai kekuatan tarik dan elongasi, keduanya berbanding lurus. Semakin tinggi tegangan ultimate semakin elastis benda tersebut begitu juga sebaliknya.

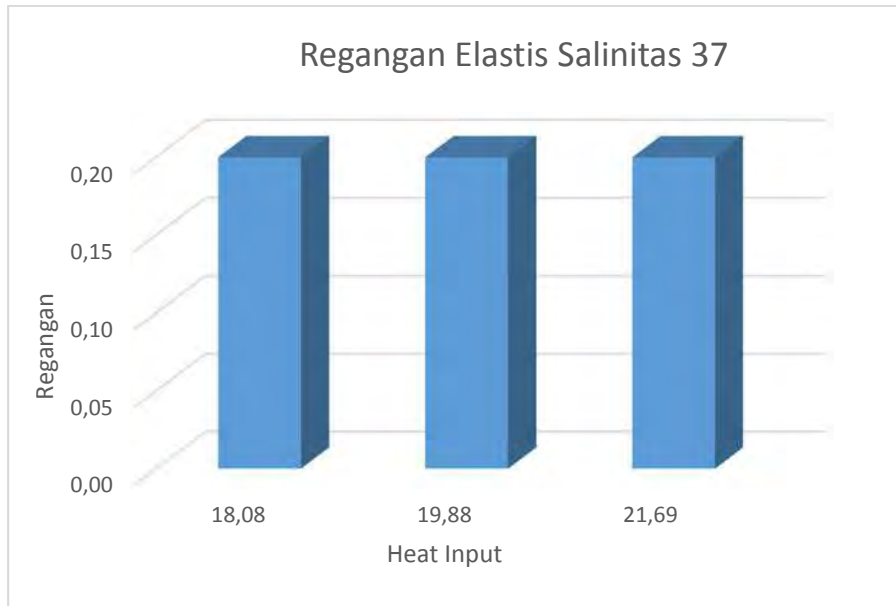
Pada hasil pengujian tarik dapat dilihat bahwa terdapat dua daerah regangan pada rekaman hasil pengujian. Diantaranya ialah daerah regangan elastis dan juga daerah regangan plastis seperti pada ringkasan grafik dibawah.



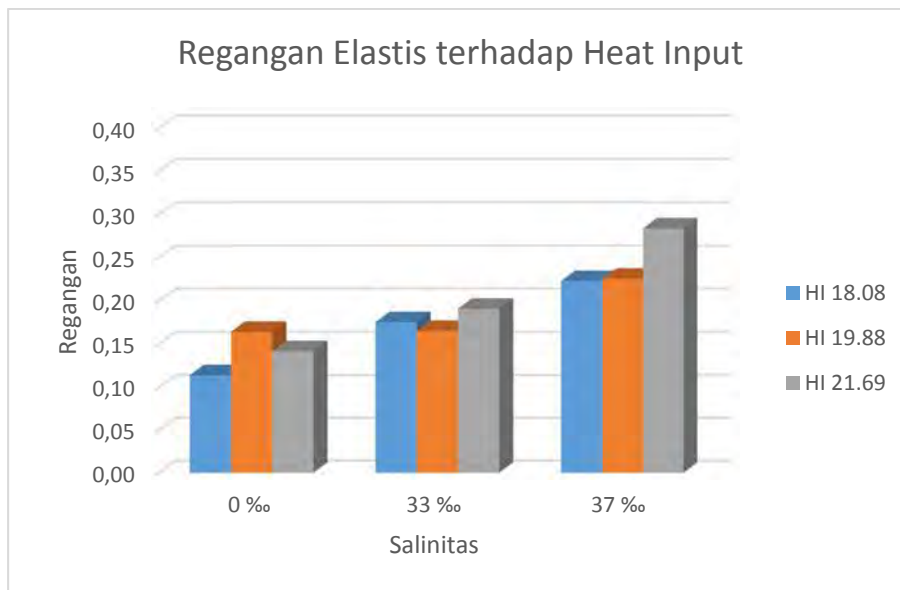
Gambar 4.17 Grafik Regangan Elastis pada Salinitas 0‰



Gambar 4.18 Grafik Regangan Elastis pada Salinitas 33‰



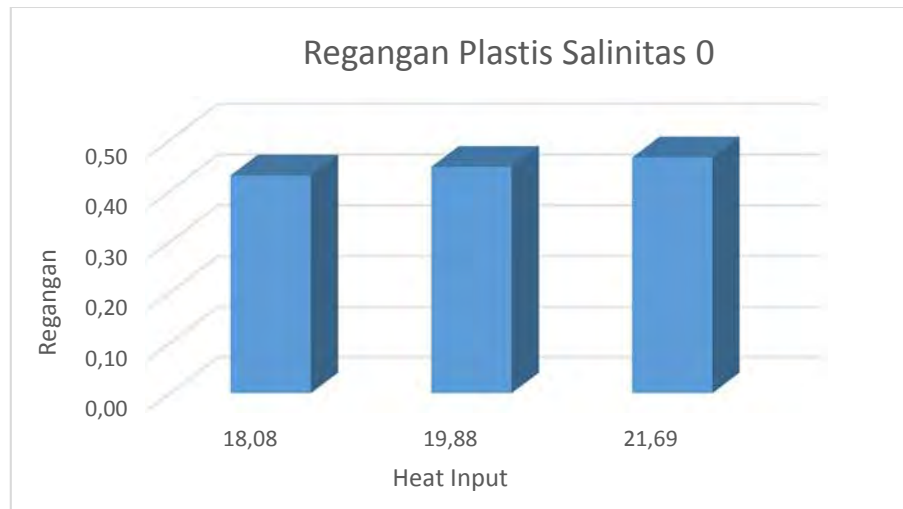
Gambar 4.19 Grafik Regangan Elastis pada Salinitas 37⁰/₀₀



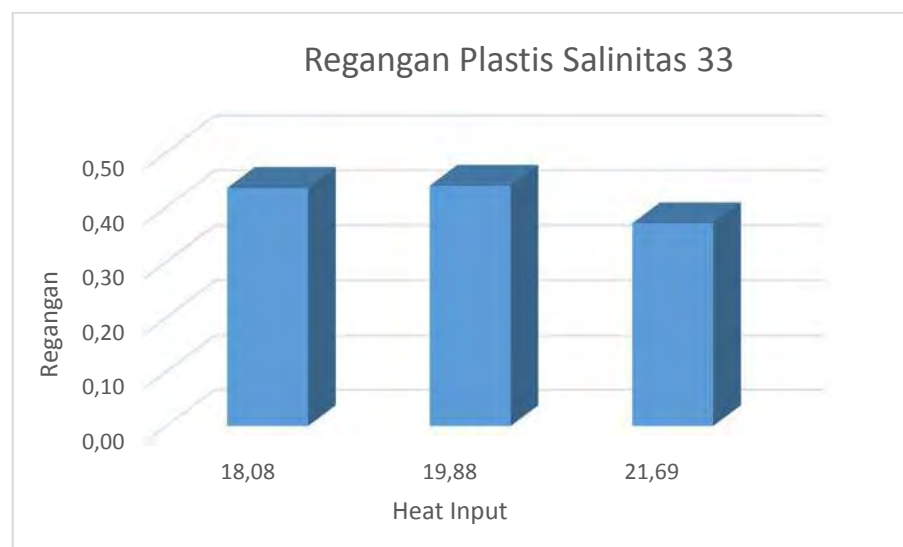
Gambar 4.20 Grafik Regangan Elastis terhadap heat input

Dari hasil pengujian tarik didapatkan bahwa pada setiap salinitas mengalami perubahan yang cenderung naik pada salinitas yang semakin pekat dengan perlakuan heat input yang dinaikan. Terlihat pada grafik diatas nilai regangan elastis paling besar dimiliki oleh spesimen uji dengan perlakuan heat input paling tinggi dan pada salinitas 37 ⁰/₀₀ yaitu sebesar 0.281.

Untuk Regangan Plastis dapat ditunjukkan dalam beberapa grafik berikut ini.

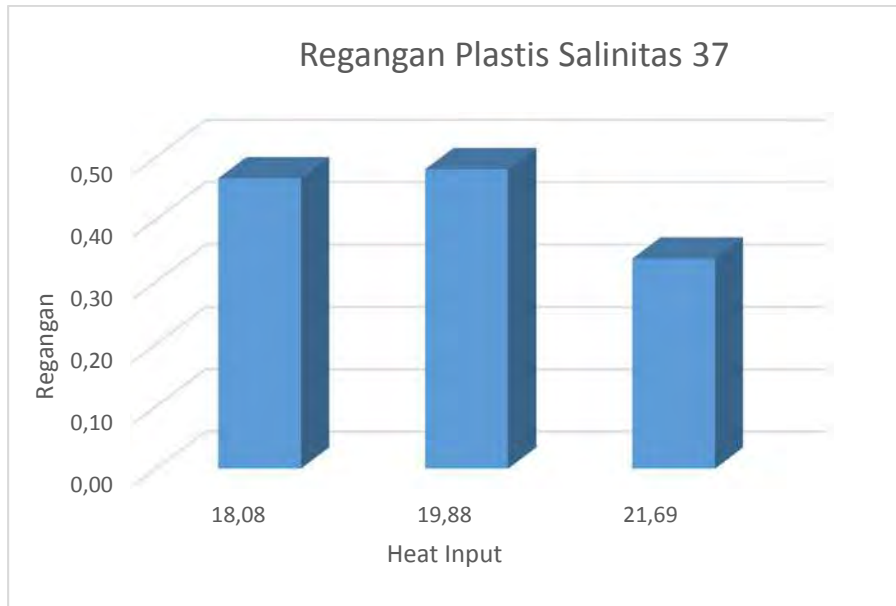


Gambar 4.21 Grafik Regangan Plastis pada Salinitas 0‰

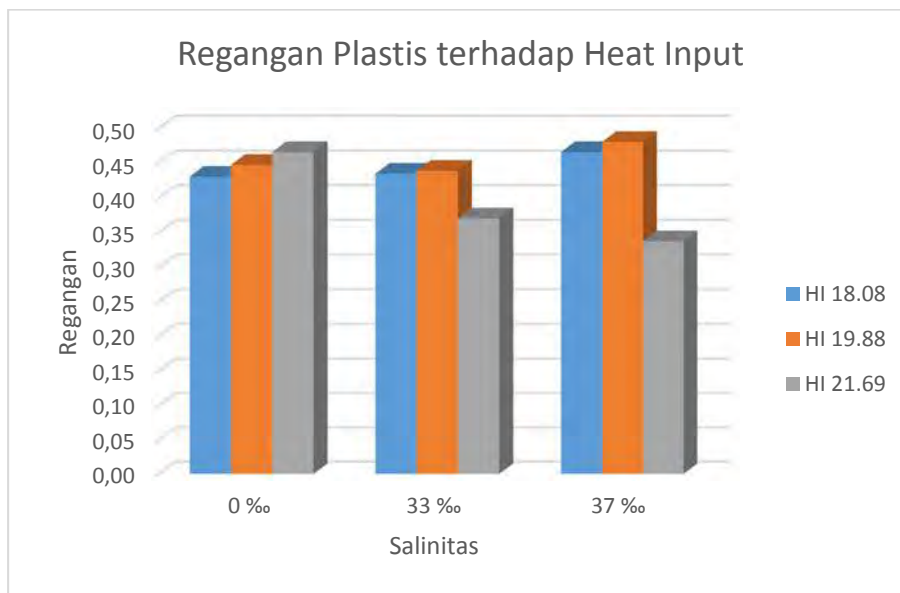


Gambar 4.22. Grafik Regangan Plastis pada Salinitas 33‰

Pada salinitas 0‰ masih mengalami kenaikan grafik namun saat dilakukan percobaan pada salinitas yang lebih pekat yaitu pada 33‰ maupun 37‰ didapati grafik yang semakin menurun dimana hal ini menunjukkan regangan plastisnya semakin menurun untuk keadaan salinitas yang pekat.



Gambar 4.23 Grafik Regangan Plastis pada Salinitas 37‰

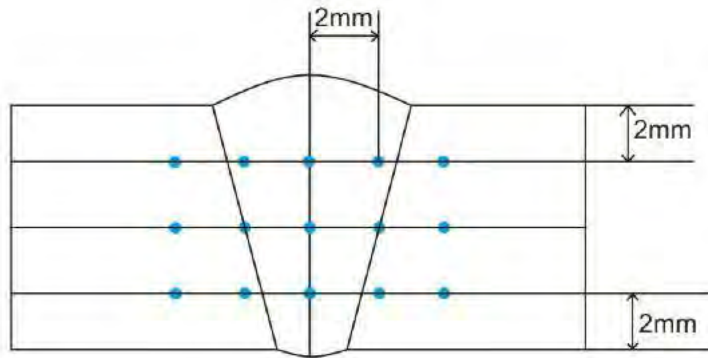


Gambar 4. 24 Grafik Regangan Plastis Terhadap Heat Input

Sepeti halnya pada regangan elastis pada grafik hasil uji tarik tersebut memberikan informasi penurunan nilai regangan plastis dimana kondisi ini berkebalikan dengan hasil uji tarik pada regangan elastis sebelumnya. Regangan plastis terkecil dimiliki oleh spesimen uji dengan perlakuan heat input paling tinggi dalam range uji percobaan ini serta pada salinitas paling tinggi pada 37‰ dengan nilai regangan sebesar 0.337405 namun juga dapat dikatakan sebesar 33.74% dengan range perhitungan antara 28.27 % - 28.55%.

4.6. Hasil Uji Kekerasan

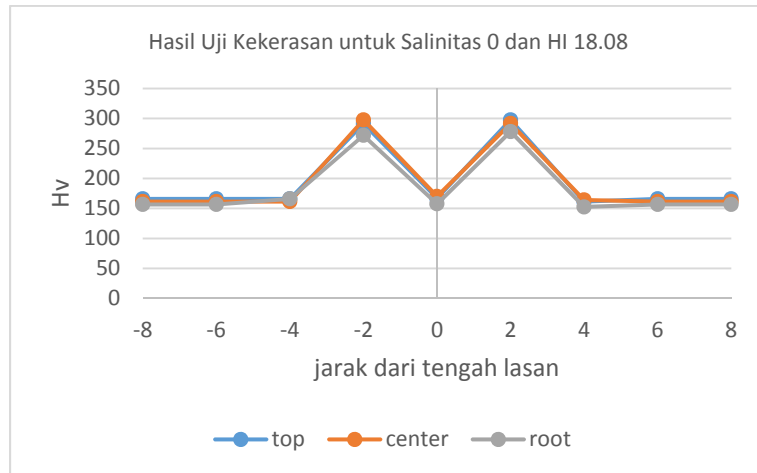
Pada proses Uji Kekerasan ini dilakukan dengan menggunakan alat micro hardness vicker. Dimana daerah yang dilakukan pengujian dapat dilihat dalam gambar berikut :



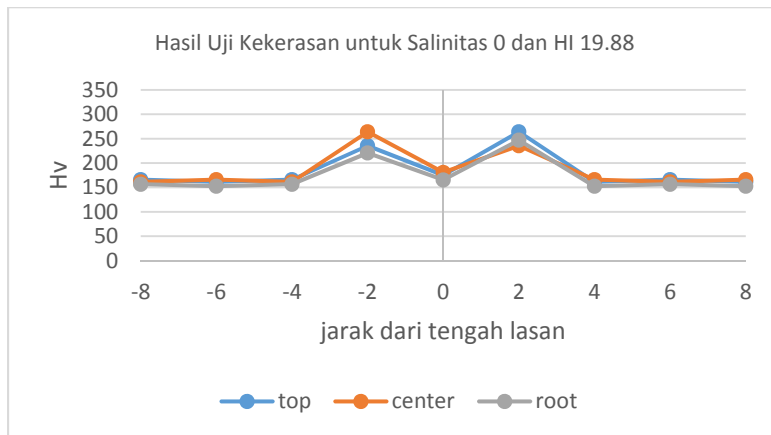
Gambar 4.25 Skema Posisi Pengujian Kekerasan pada Spesimen Uji

Pada pengujian ini dilakukan pada setiap bagian spesimen mulai dari Base Metal, HAZ dan juga Weld Metal. Hal ini dilakukan tentunya untuk mengetahui perubahan nilai kekerasan pada setiap spesimen yang ada akibat pengaruh salinitas dan juga heat input yang terjadi selama proses pengelasan. Tentunya hal ini terfokuskan pada weld metal dan juga HAZ dimana kedua daerah tersebut merupakan daerah yang langsung berinteraksi dengan salinitas dan heat input selama proses pengelasan terjadi.

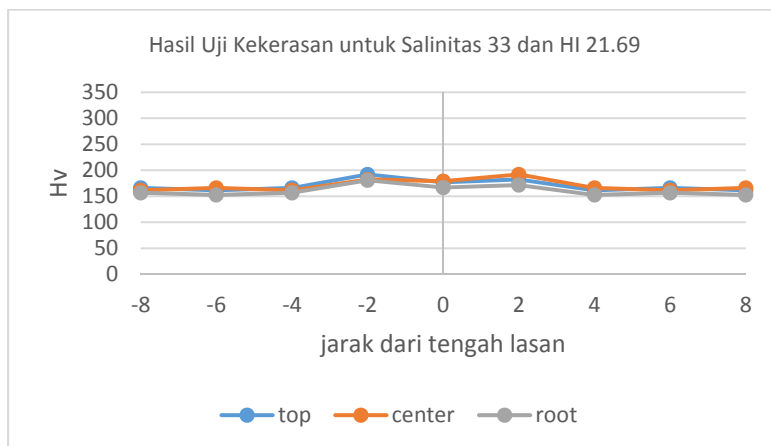
Dari pengujian tersebut dapat diketahui nilai kekerasan setiap spesimen yang dapat dilihat pada grafik berikut. Dari setiap pengujian yang ada, hasil dari nilai kekerasan setiap spesimen di plot sesuai dengan posisi pengujian kekerasan pada spesimen uji sehingga dalam tabel tersebut untuk setiap posisi tengah pada material lasan, HAZ, dan material baja dapat dilihat nilai kekerasannya pada sumbu Y seperti pada beberapa grafik berikut ini.



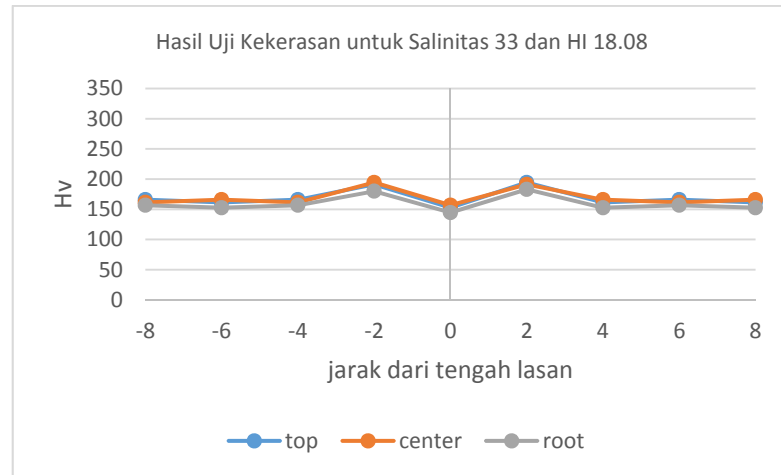
Gambar 4.26 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW
(Salinitas 0‰ dan HI 18.08)



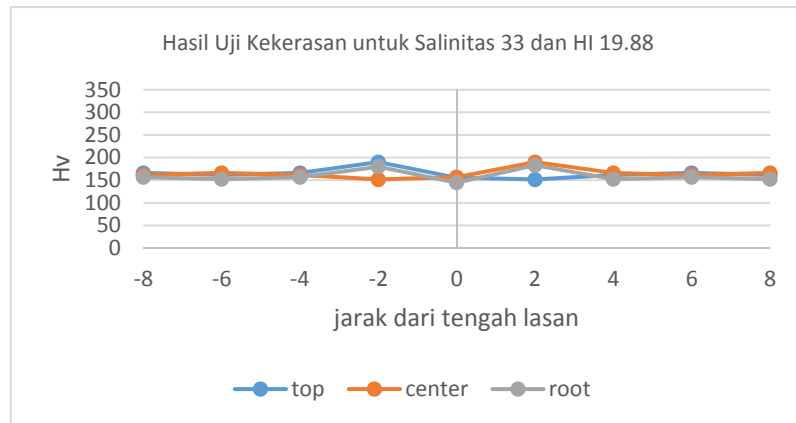
Gambar 4.27 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW
(Salinitas 0‰ dan HI 19.88)



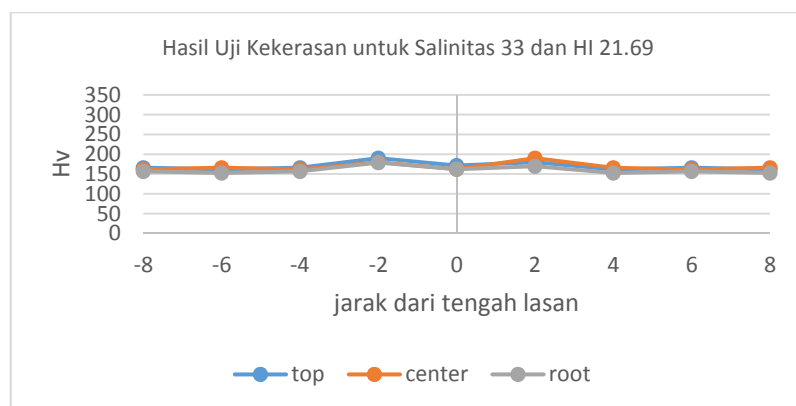
Gambar 4.28 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW
(Salinitas 0‰ dan HI 21.69)



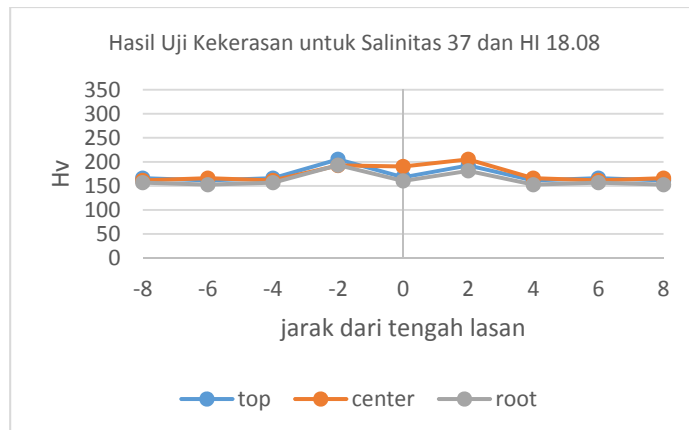
Gambar 4.29 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW
(Salinitas 33⁰/₀₀ dan HI 18.08)



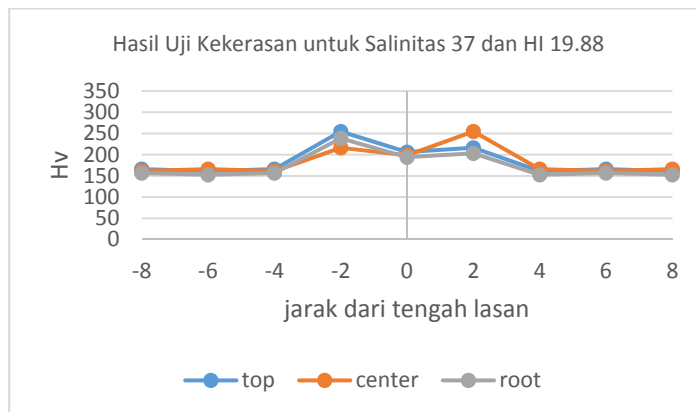
Gambar 4.30 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW
(Salinitas 33⁰/₀₀ dan HI 19.88)



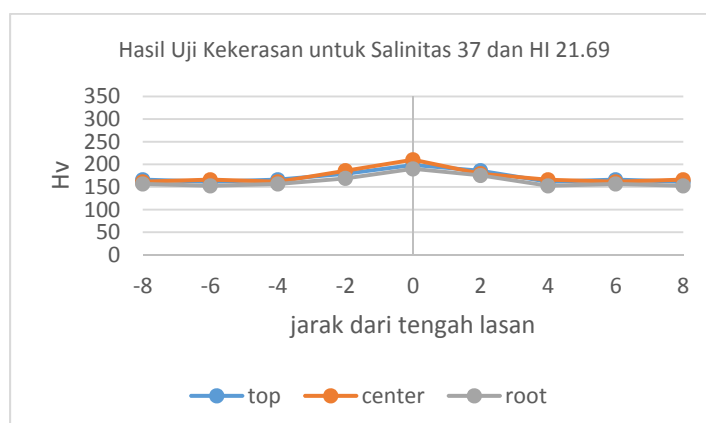
Gambar 4.31 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW
(Salinitas 33⁰/₀₀ dan HI 21.69)



Gambar 4.32 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW
(Salinitas 37⁰/₀₀ dan HI 18.08)



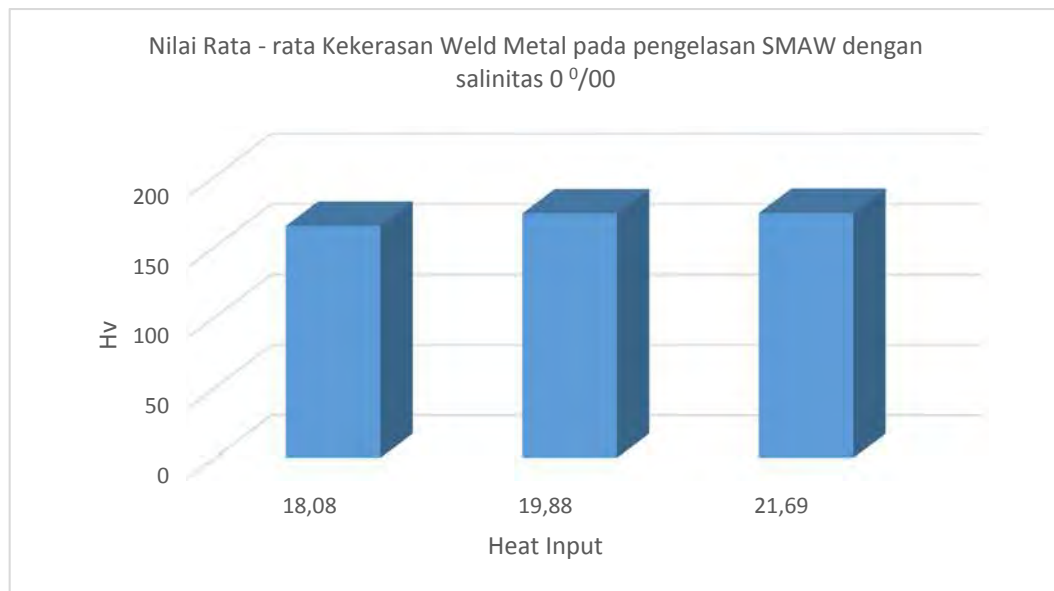
Gambar 4.33 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW
(Salinitas 37⁰/₀₀ dan HI 19.88)



Gambar 4.34 Grafik Distribusi Kekerasan pada Pengelasan SMAW
(Salinitas 37⁰/₀₀ dan HI 21.69)

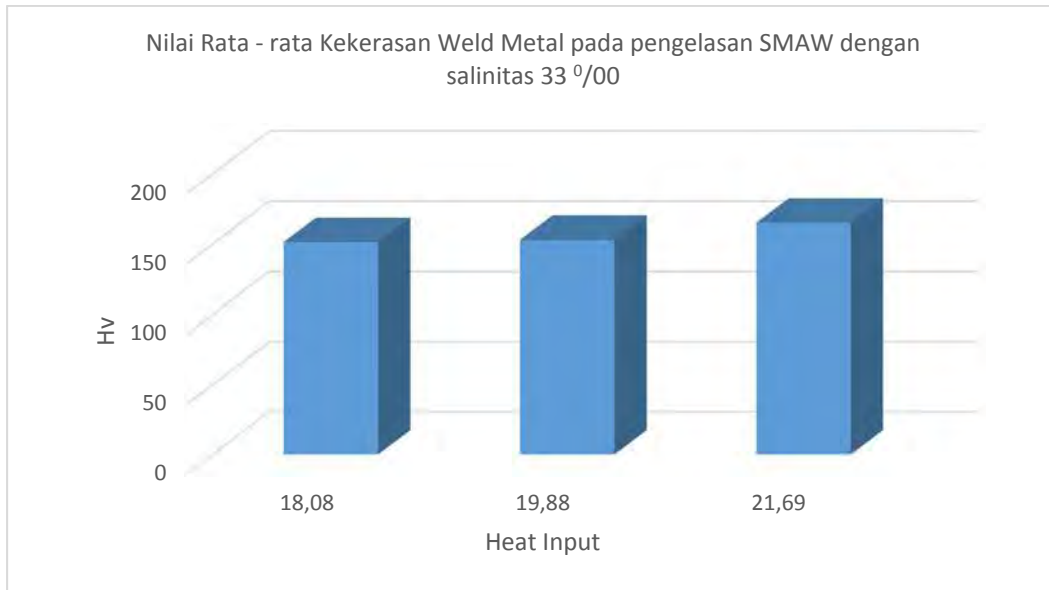
Karena sejatinya dalam pengelasan bawah air untuk base metal tidak terpengaruh sama sekali oleh heat input dan salinitas ketika proses pengelasan terjadi. Kalaupun ada hanya sebatas naiknya suhu pada bagian yang berdekatan dengan weld metal hingga jarak tertentu. Untuk terkhususnya pada penelitian ini meninjau pada bagian weld metal dimana perubahan yang sangat signifikan terjadi ketika proses pengelasan berlangsung.

Sehingga untuk daerah weld metal dapat dilihat seperti pada grafik dibawah. Perubahan nilai kekerasan yang terjadi terkhusus pada bagian weld metal setelah data di rata – rata menjadi seperti berikut.

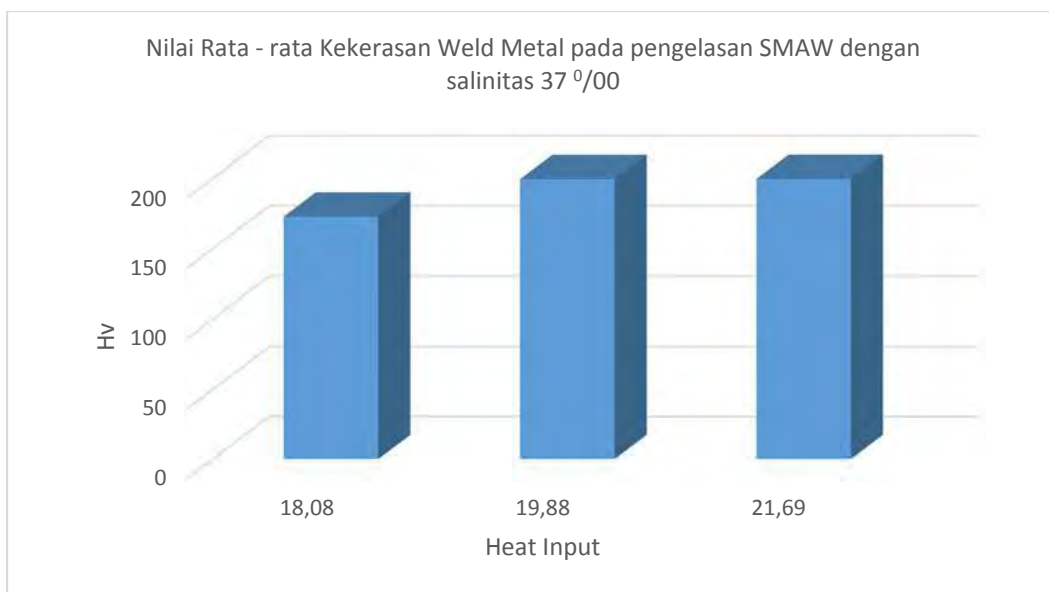


Gambar 4.35 Grafik Distribusi Kekerasan pada Weld Metal untuk Salinitas 0‰

Pada grafik diatas sedikit menjelaskan mengenai pendinginan cepat yang terjadi pada pengelasan dengan panas yang tinggi dibaengi dengan pekatnya salinitas menyebabkan material las menjadi semakin keras karena besar kemungkinan terbentuknya martensit akibat pendinginan cepat pada pengelasan bawah air.



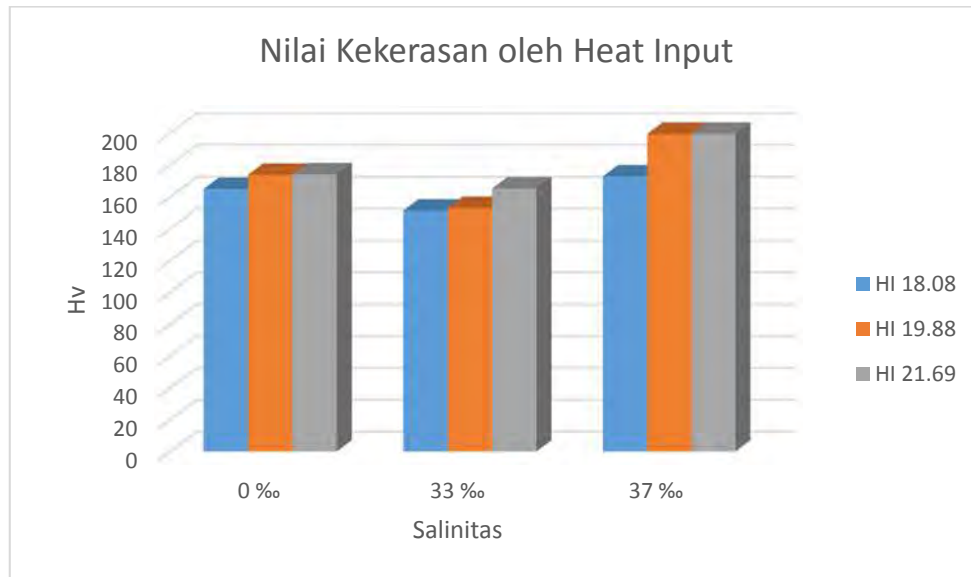
Gambar 4.36 Grafik Distribusi Kekerasan pada Weld Metal untuk Salinitas 33‰



Gambar 4.37 Grafik Distribusi Kekerasan pada Weld Metal untuk Salinitas 37‰

Dari tiga grafik diatas dapat diambil kesimpulan bahwa untuk setiap kondisi salinitas didalam proses pengelasan SMAW akan mengalami kenaikan nilai kekerasan seiring dengan naiknya heat input yang diberikan saat melakukan proses

pengelasan dibawah air. Semakin tinggi nilai heat input yang diberikan semakin tinggi pula untuk nilai kekerasan yang akan terjadi.



Gambar 4.38 Grafik Distribusi Kekerasan oleh Heat Input

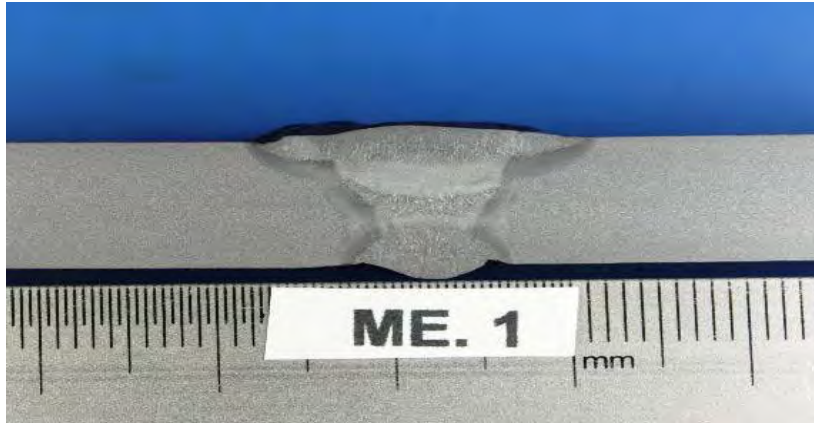
Untuk grafik diatas semakan menjelaskan bahwa untuk setiap salinitas yang ada mengalami kejadian yang sama yaitu naiknya nilai kekerasan akibat pengaruh Heat Input yang semakin tinggi. Hal ini dapat saja terjadi ketika panas yang tinggi oleh heat input kemudian didinginkan dengan cepat oleh larutan media uji maka akan terbentuk martensit yang menyebabkan hasil lasan menjadi getas. Karena banyaknya martensit ini menyebabkan tingginya nilai kekerasan pada proses pengelasan yang lebih tinggi.

4.7. Hasil Uji Metalografi

Uji Metalografi ini dilakukan untuk mengetahui perubahan fisik dari setiap spesimen yang mengalami proses percobaan. Pengujian ini dilakukan sesuai standar pengujian Metalografi pada ASTM.

4.7.1. Makro Etsa

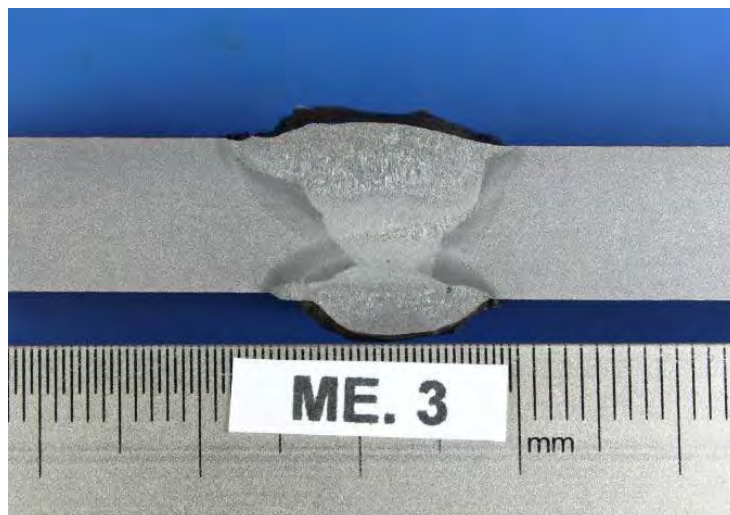
Hasil uji metalografi dengan metode Makro Etsa dapat dilihat dalam beberapa gambar berikut.



Gambar 4.39 Foto Struktur Makro pada Salinitas 0‰ dan HI 18.08



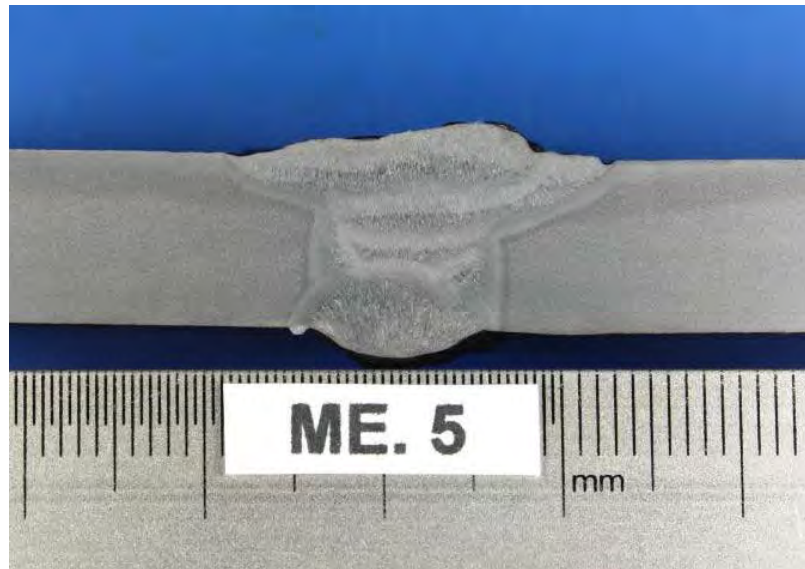
Gambar 4.40 Foto Struktur Makro pada Salinitas 0‰ dan HI 19.88



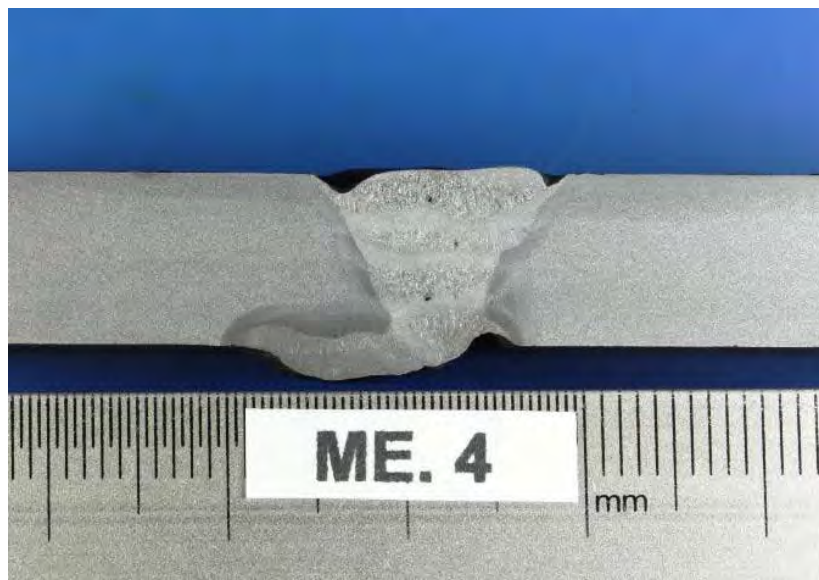
Gambar 4.41 Foto Struktur Makro pada Salinitas 0‰ dan HI 21.69

Dari gambar struktur makro diatas dapat dilihat bahwa setiap layer pada proses pengelasan SMAW Underwater dapat terlihat jelas karena pengaruh larutan

disekitar pengelasan yang mengganggu jalannya proses pengelasan SMAW itu sendiri. Dari salinitas 0 ‰ ini juga dapat terlihat bahwa semakin tinggi heat input lapisan tersebut semakin halus.



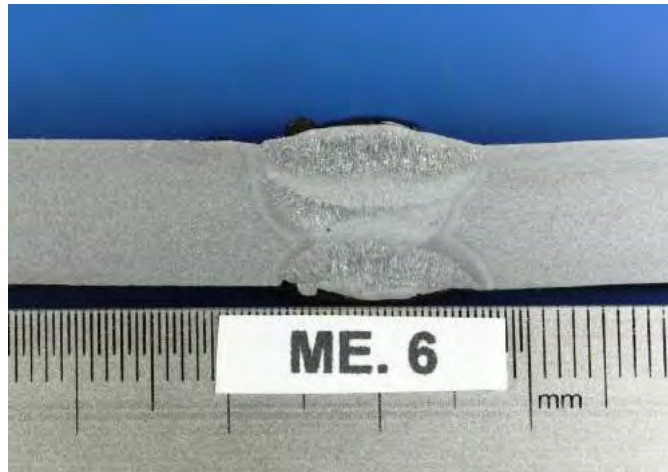
Gambar 4.42 Foto Struktur Makro pada Salinitas 33‰ dan HI 18.08



Gambar 4.43 Foto Struktur Makro pada Salinitas 33‰ dan HI 19.88

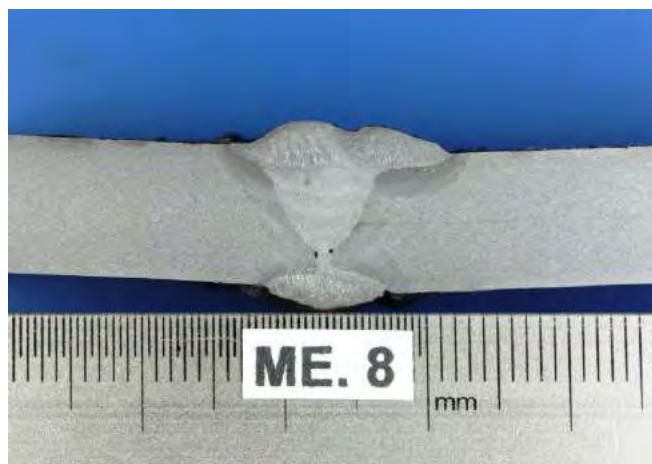
Pada Hasil Foto Makro utamanya pada spesimen uji dengan HI sebesar 19.88 kJ/mm sedikit aneh dengan melebarnya lasan hingga kesamping. Hal tersebut

terjadi akibat kesalahan penguji dalam membentuk bevel untuk pengelasan pada bagian belakang lasan SMAW.



Gambar 4.44 Foto Struktur Makro pada Salinitas 33⁰/₀₀ dan HI 21.69

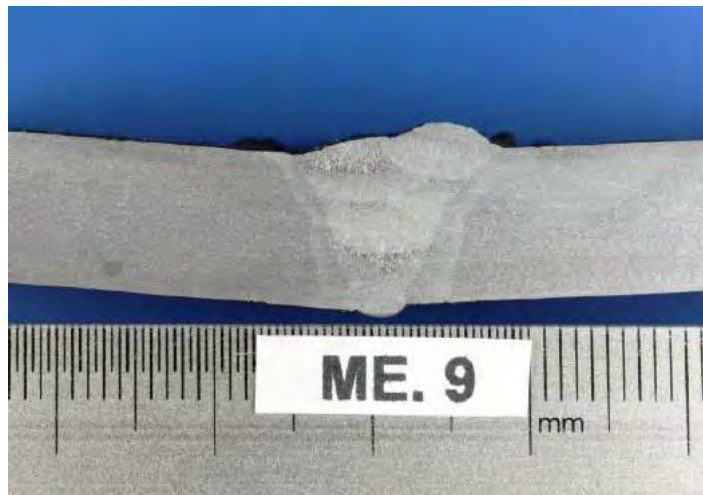
Dari gambar struktur makro diatas dapat dilihat bahwa setiap layer pada proses pengelasan SMAW Underwater dapat terlihat jelas karena pengaruh larutan disekitar pengelasan yang mengganggu jalannya proses pengelasan SMAW itu sendiri. Dari salinitas 33 ⁰/₀₀ ini juga dapat terlihat bahwa semakin tinggi heat input lapisan tersebut semakin terlihat jelas. Dengan kondisi lingkungan yang pekat mengakibatkan pendinginan lebih cepat dari sebelumnya sehingga batas butir dapat terlihat dengan jelas memisahkan antar layer yang ada.



Gambar 4.45 Foto Struktur Makro pada Salinitas 37⁰/₀₀ dan HI 18.08



Gambar 4.46 Foto Struktur Makro pada Salinitas 37⁰/₀₀ dan HI 19.88



Gambar 4.47 Foto Struktur Makro pada Salinitas 37⁰/₀₀ dan HI 21.69

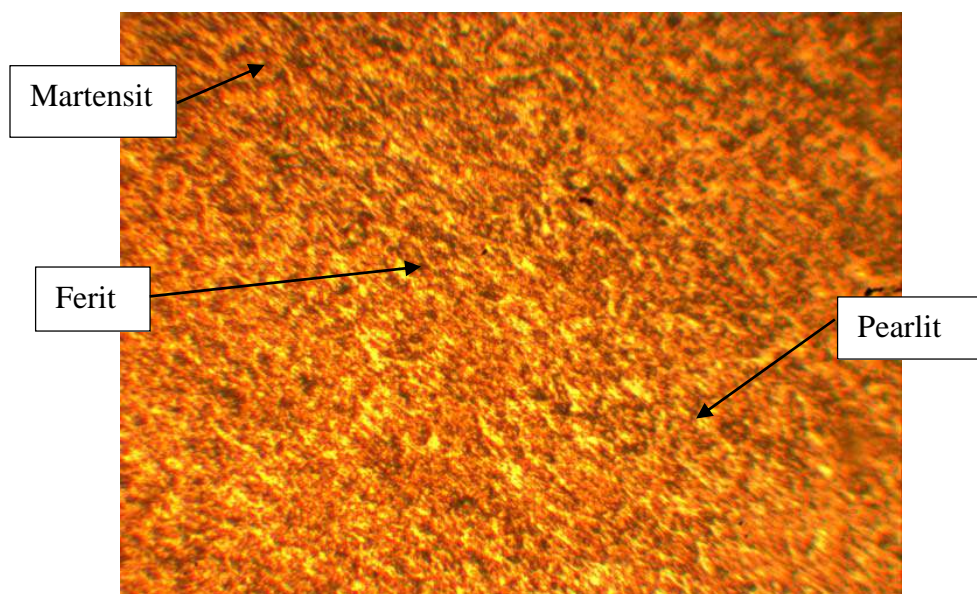
Dari gambar struktur makro diatas dapat dilihat bahwa setiap layer pada proses pengelasan SMAW Underwater dapat terlihat jelas karena pengaruh larutan disekitar pengelasan yang mengganggu jalannya proses pengelasan SMAW itu sendiri. Dari salinitas 37⁰/₀₀ ini juga dapat terlihat bahwa semakin tinggi heat input lapisan tersebut semakin terlihat jelas. Dengan kondisi lingkungan yang pekat mengakibatkan pendinginan lebih cepat dari sebelumnya sehingga batas butir dapat terlihat dengan jelas memisahkan antar layer yang ada.

Dari berbagai foto makro diatas dapat disimpulkan secara umum dimana pengelasan bawah air sangat mempengaruhi kondisi metalografi dari baja dimana

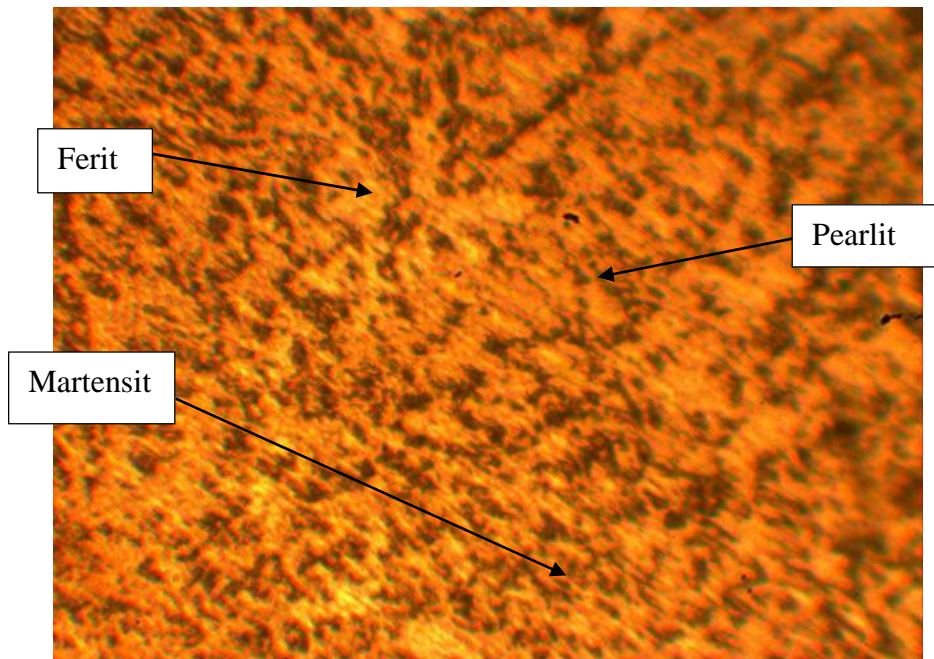
pada saat terjadi pengelasan pengaruh larutan disekitar proses pengelasan menjadikannya pendinginan cepat seketika itu juga sehingga terjadi ketidak sempurnaan pembentukan lapisan pengelasan pada Weld metal. Pada visualisasi metalografi secara makro dapat dilihat bahwa sangat jelas pada keseluruhan spesimen memiliki alur yang jelas pada setiap layer-nya. Garis pada setiap layer terlihat dengan jelas karena pendinginan cepat yang menyebabkan layer satu dengan yang lainnya tidak dapat menyatu dengan sempurna seperti penampakan pada bagian base metal.

4.7.2. Mikro etsa

Tidak beda dengan makro etsa pada mikro etsa ini memperlihatkan lebih mendetail kondisi struktural pada butir yang lebih kecil pada setiap spesimen uji.



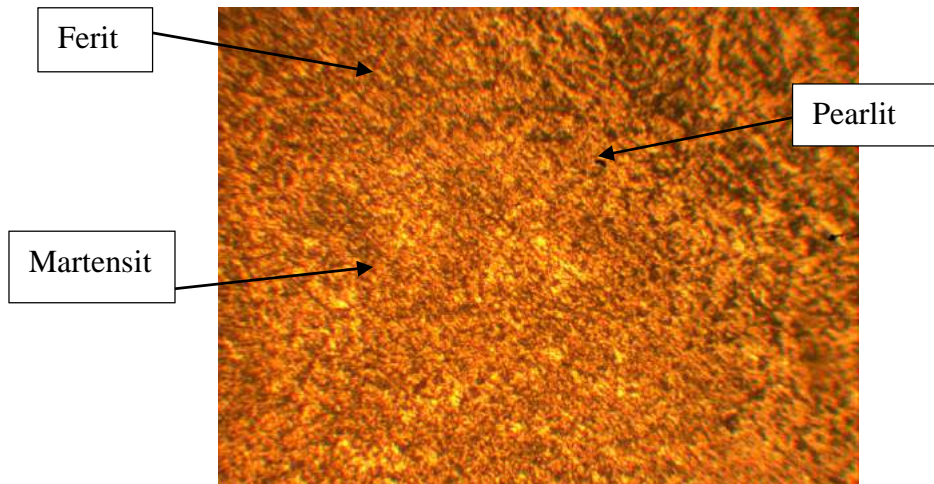
Gambar 4.48 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 0‰ dan HI 18.08



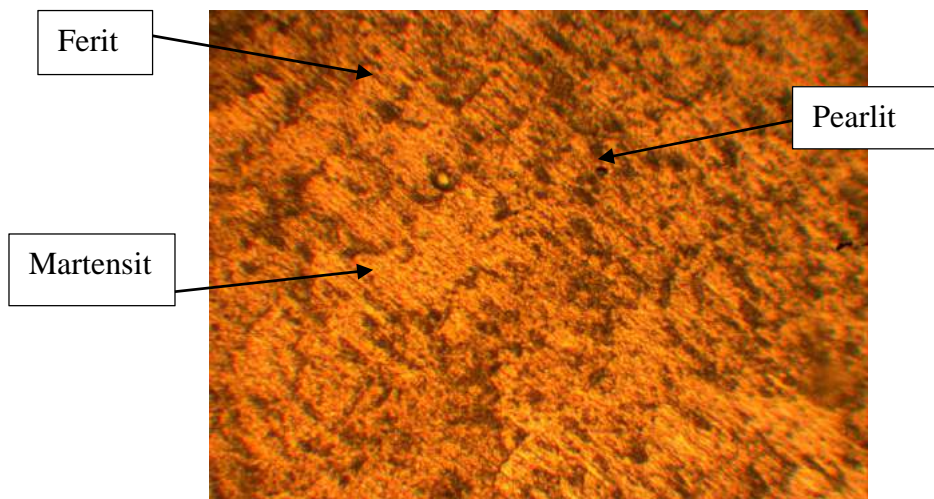
Gambar 4.49 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 0‰ dan HI 18.08

Foto penampakan struktur mikro diatas merupakan struktur mikro dari spesimen uji dengan label Unit 1 dimana pengelasan SMAW Underwater pada salinitas 0 ‰ dan heat input sebesar 18.08 kJ/mm. seperti selaknya pengelasan dibawah air yang terjadi pendinginan cepat pada struktur mikro metal terdapat indikasi keberadaan martensit yang menyebabkan kan keras dan getasnya suatu metal.

Pada HAZ ditemukan banyak Martensit dan menyebabkan daerah HAZ lebih keras dan getas dibandingkan dengan daerah Weld metal yang juga sama mengandung martensit namun lebih sedikit. Hal ini dapat terjadi akibat daerah HAZ yang mengalami kenaikan suhu sangat tinggi akibat pengaruh dari weld metal namun tidak langsung pada sumber panas dan didinginkan dengan cepat oleh larutan media uji. Sama sama didinginkan dengan cepat namun daerah weld lebih lambat dibandingkan HAZ maka didalam HAZ akan terdapa banyak Martensit.

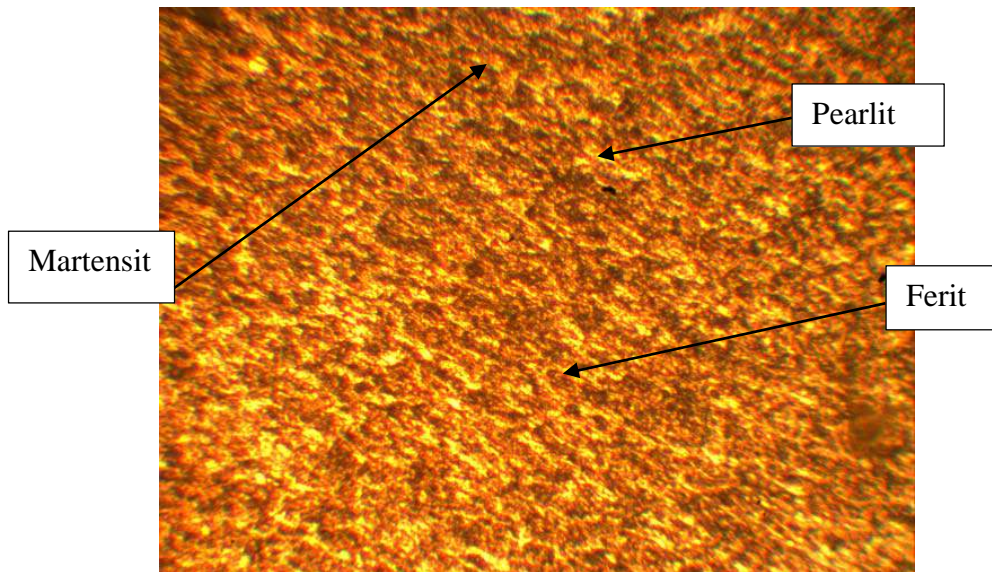


Gambar 4.50 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 0⁰/₀₀ dan HI 19.88

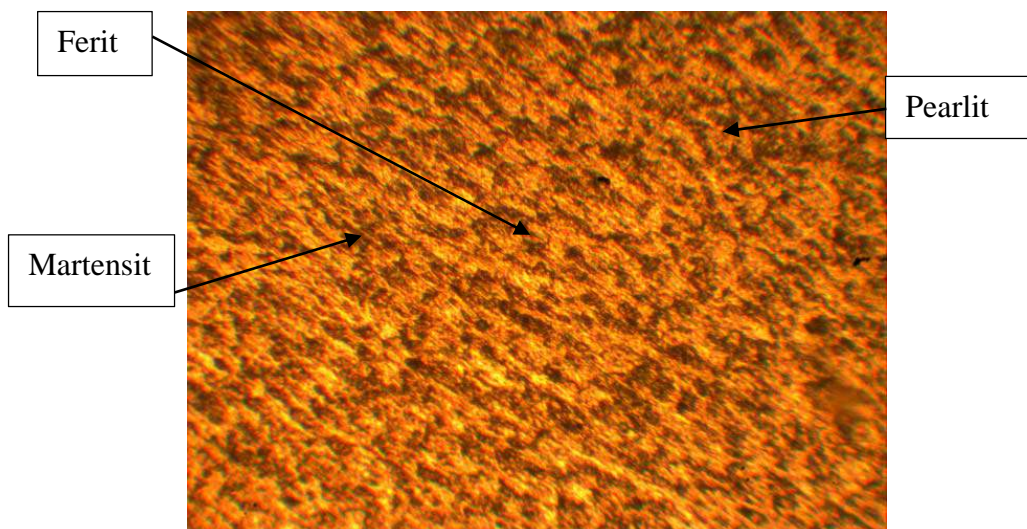


Gambar 4.51 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 0⁰/₀₀ dan HI 19.88

Foto penampakan struktur mikro diatas merupakan struktur mikro dari spesimen uji dengan label Unit 2 dimana pengelasan SMAW Underwater pada salinitas 0 ⁰/₀₀ dan heat input sebesar 19.88 kJ/mm. Apabila dibandingkan dengan Spesimen 1 terutama pada bagian weld metal semakin halus menunjukkan susunan ferit dan perlit semakin banyak sehingga memiliki kemungkinan lebih keras.

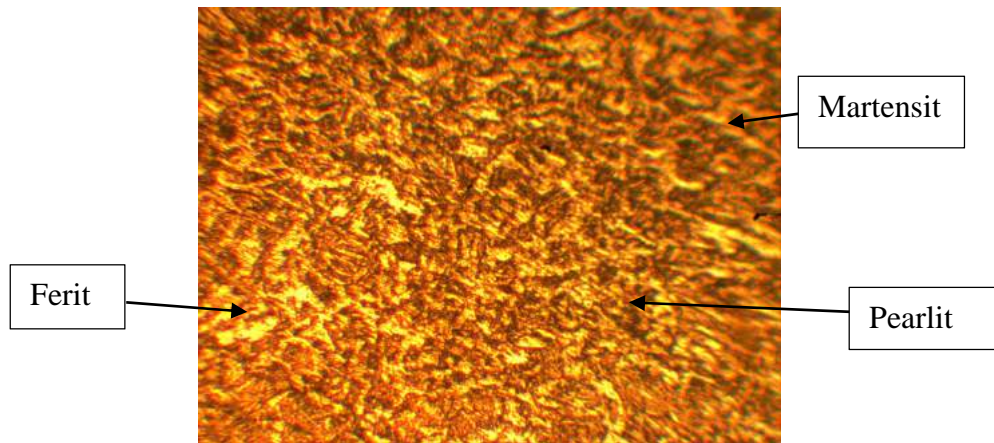


Gambar 4.52 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 0‰ dan HI 21.69

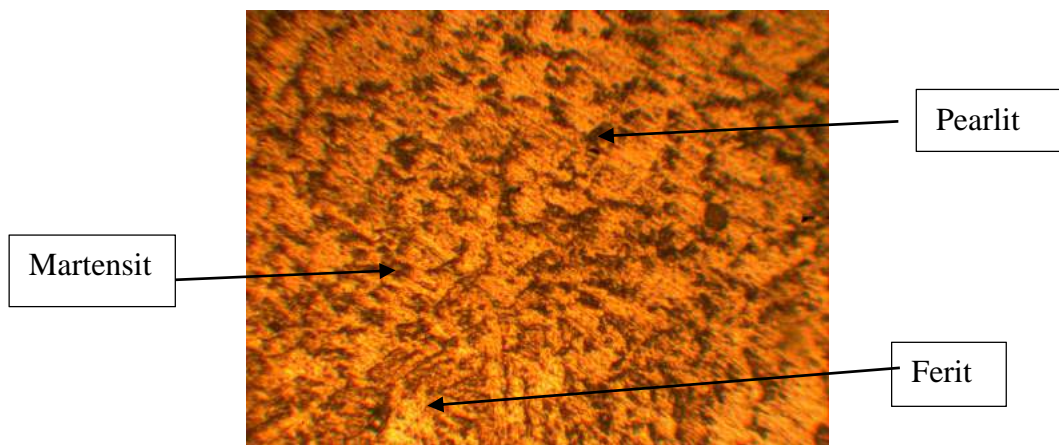


Gambar 4.53 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 0‰ dan HI 21.69

Foto penampakan struktur mikro diatas merupakan struktur mikro dari spesimen uji dengan label Unit 3 dimana pengelasan SMAW Underwater pada salinitas 0 ‰ dan heat input sebesar 21.69 kJ/mm. Apabila dibandingkan dengan Spesimen sebelumnya terutama pada bagian weld metal semakin halus menunjukan susunan ferit dan perlit semakin banyak sehingga nilai kekerasannya semakin turun.

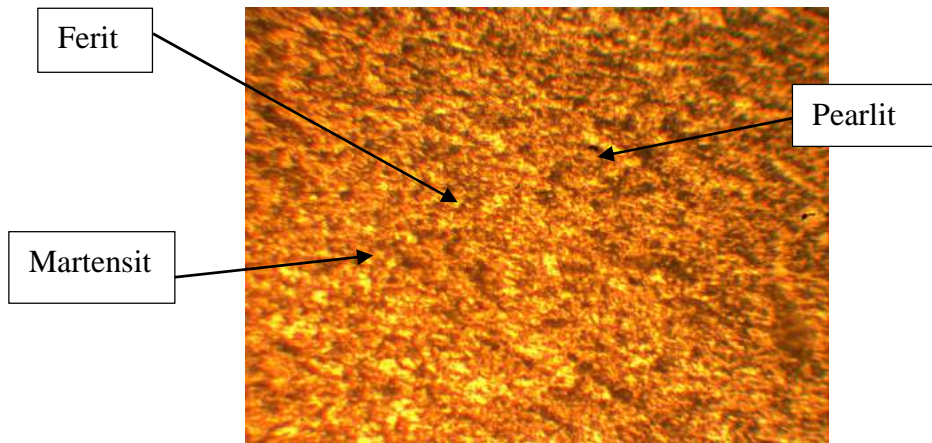


Gambar 4.54 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 33⁰/₀₀ dan HI 18.08

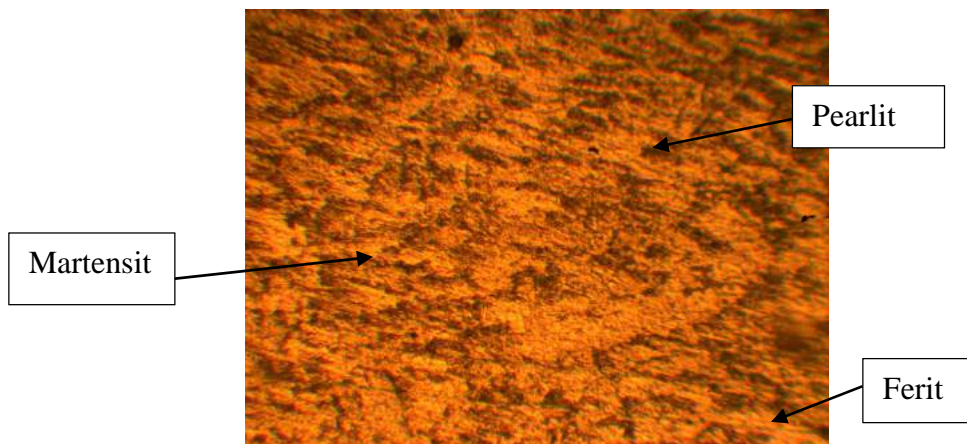


Gambar 4.55 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 33⁰/₀₀ dan HI 18.08

Foto penampakan struktur mikro diatas merupakan struktur mikro dari spesimen uji dengan label Unit 4 dimana pengelasan SMAW Underwater pada salinitas 33 ⁰/₀₀ dan heat input sebesar 18.08 kJ/mm. Pada HAZ ditemukan banyak Martensit dan menyebabkan daerah HAZ lebih keras dan getas dibandingkan dengan daerah Weld metal yang juga sama mengandung martensit namun lebih sedikit. Hal ini dapat terjadi akibat daerah HAZ yang mengalami kenaikan suhu sangat tinggi akibat pengaruh dari weld metal namun tidak langsung pada sumber panas dan didinginkan dengan cepat oleh larutan media uji. Sama sama didinginkan dengan cepat namun daerah weld lebih lambat dibandingkan HAZ maka didalam HAZ akan terdapa banyak Martensit.

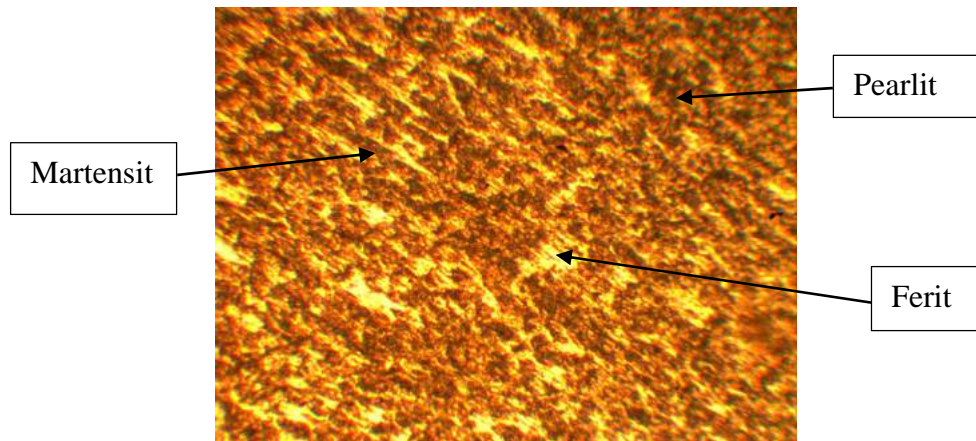


Gambar 4.56 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 33⁰/₀₀ dan HI 19.88

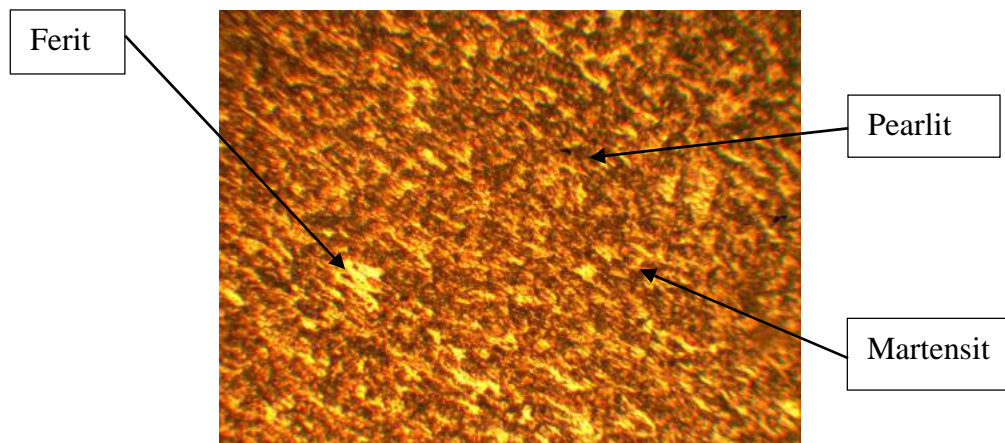


Gambar 4.57 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 33⁰/₀₀ dan HI 19.88

Foto penampakan struktur mikro diatas merupakan struktur mikro dari spesimen uji dengan label Unit 5 dimana pengelasan SMAW Underwater pada salinitas 33 ⁰/₀₀ dan heat input sebesar 19.88 kJ/mm. terutama pada bagian weld metal terlihat dominan gelap dimana perlit lebih mendominasi dibandingkan dengan ferit. Meskipun martensit juga ditemukan pada struktur ini namun kemungkinan kekerasannyasedikit lebih kecil dibawah struktur yang memiliki martensi yang lebih mendominasi.

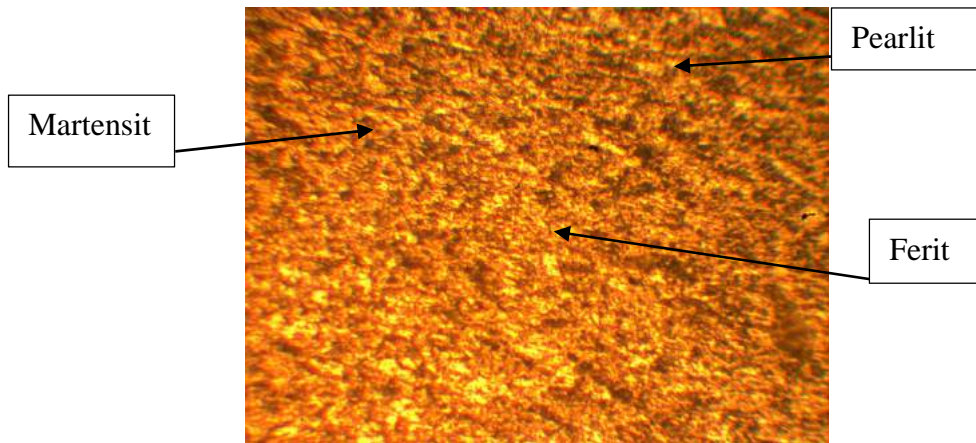


Gambar 4.58 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 33⁰/₀₀ dan HI 21.69

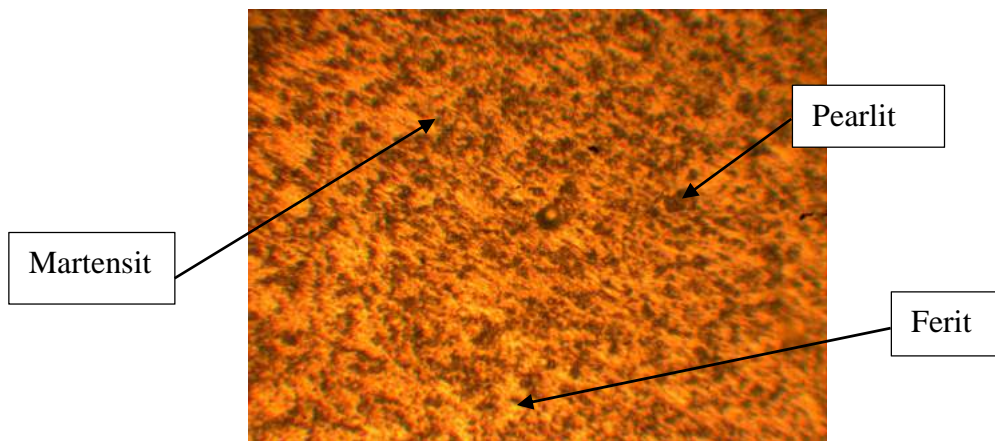


Gambar 4.59 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 33⁰/₀₀ dan HI 21.69

Foto penampakan struktur mikro diatas merupakan struktur mikro dari spesimen uji dengan label Unit 6 dimana pengelasan SMAW Underwater pada salinitas 33 ⁰/₀₀ dan heat input sebesar 21.69 kJ/mm. Pada HAZ ditemukan banyak Martensit dan menyebabkan daerah HAZ lebih keras dan getas dibandingkan dengan daerah Weld metal yang juga sama mengandung martensit namun lebih sedikit. Hal ini dapat terjadi akibat daerah HAZ yang mengalami kenaikan suhu sangat tinggi akibat pengaruh dari weld metal namun tidak langsung pada sumber panas dan didinginkan dengan cepat oleh larutan media uji. Sama sama didinginkan dengan cepat namun daerah weld lebih lambat dibandingkan HAZ maka didalam HAZ akan terdapa banyak Martensit.

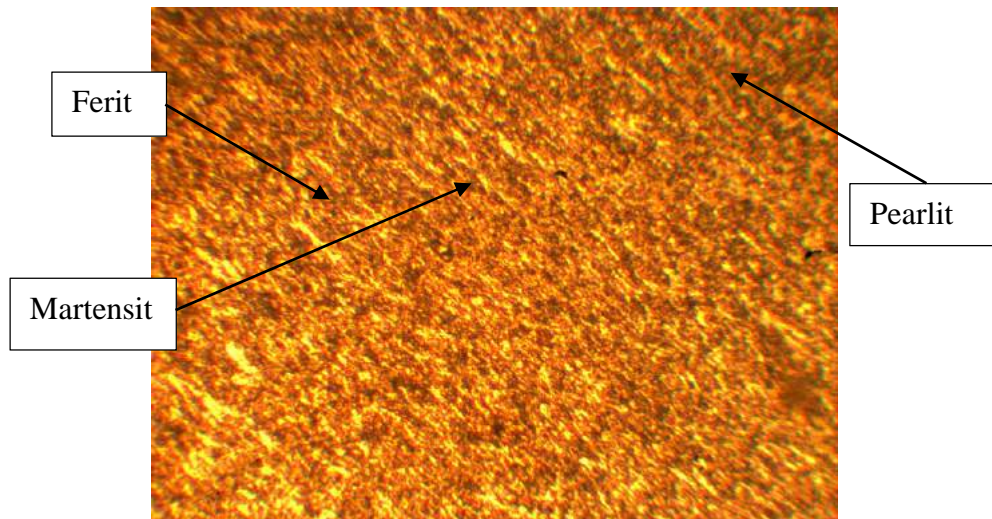


Gambar 4.60 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 37⁰/₀₀ dan HI 18.08

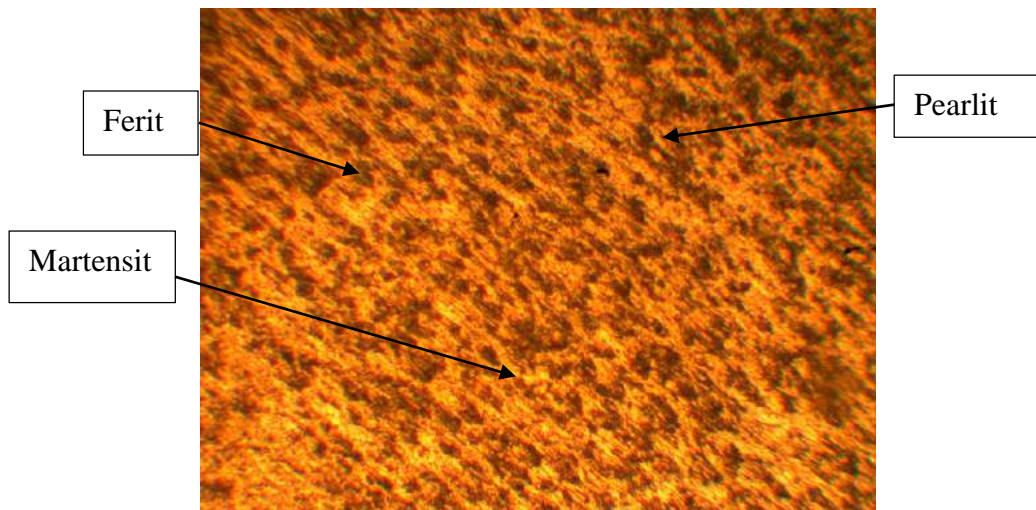


Gambar 4.61 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 37⁰/₀₀ dan HI 18.08

Foto penampakan struktur mikro diatas merupakan struktur mikro dari spesimen uji dengan label Unit 7 dimana pengelasan SMAW Underwater pada salinitas 37⁰/₀₀ dan heat input sebesar 18.08 kJ/mm. Pada HAZ ditemukan banyak Martensit dan menyebabkan daerah HAZ lebih keras dan getas dibandingkan dengan daerah Weld metal yang juga sama mengandung martensit namun lebih sedikit. Hal ini dapat terjadi akibat daerah HAZ yang mengalami knaikan suhu sangat tinggi akibat pengaruh dari weld metal namun tidak langsung pada sumber panas dan didinginkan dengan cepat oleh larutan media uji

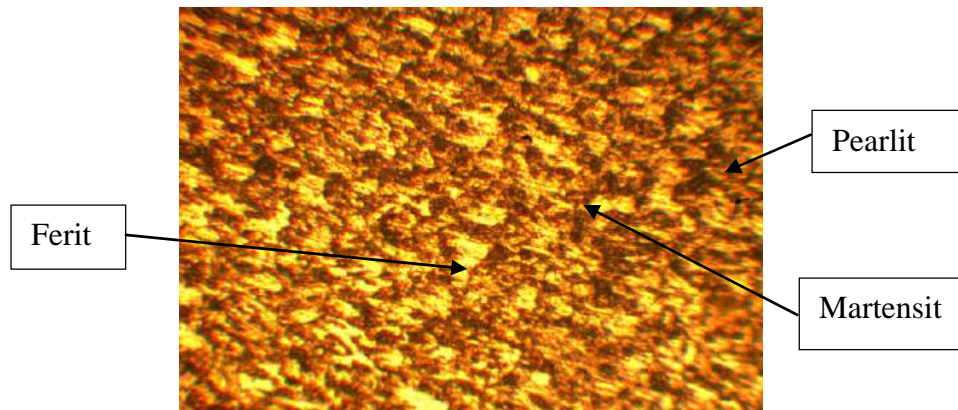


Gambar 4.62 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 37⁰/₀₀ dan HI 19.88

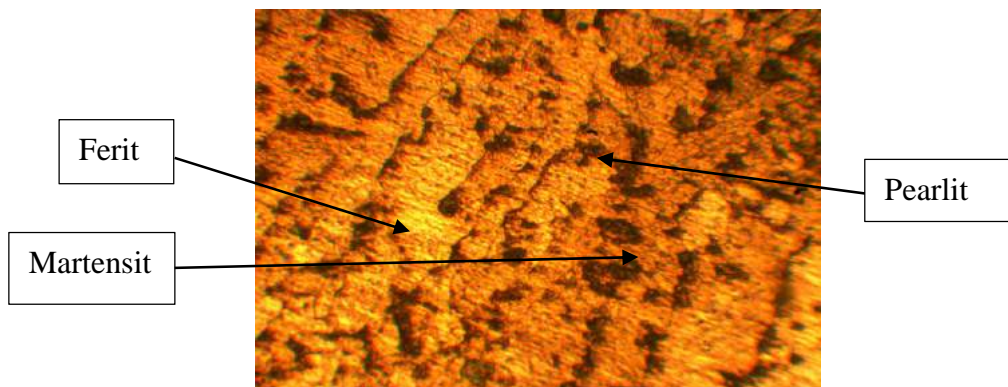


Gambar 4.63 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 37⁰/₀₀ dan HI 19.88

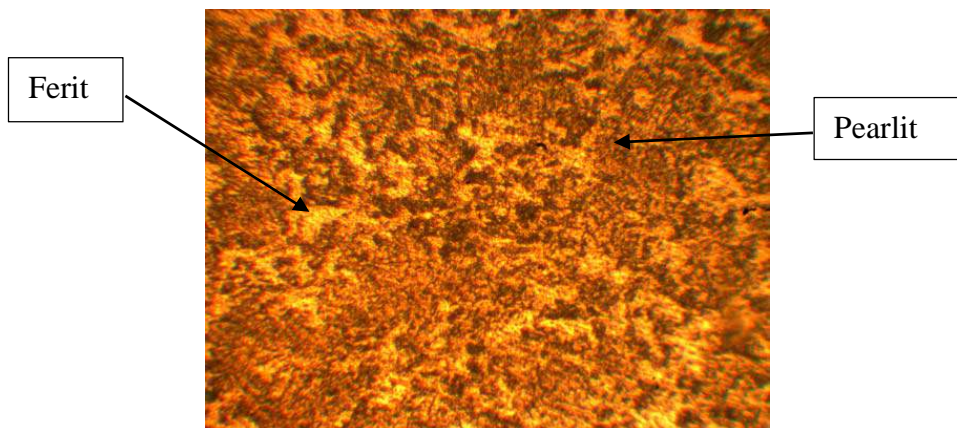
Foto penampakan struktur mikro diatas merupakan struktur mikro dari spesimen uji dengan label Unit 8 dimana pengelasan SMAW Underwater pada salinitas 37 ⁰/₀₀ dan heat input sebesar 19.88 kJ/mm.



Gambar 4.64 Foto Struktur Mikro pada HAZ Salinitas 37⁰/₀₀ dan HI 21.69



Gambar 4.65 Foto Struktur Mikro pada WM Salinitas 37⁰/₀₀ dan HI 21.69



Gambar 4.67 Foto Struktur Mikro pada Base Metal

Foto penampakan struktur mikro diatas merupakan struktur mikro dari spesimen uji dengan label Unit 9 dimana pengelasan SMAW Underwater pada salinitas 37 ⁰/₀₀ dan heat input sebesar 21.69 kJ/mm.

Dari keseluruhan Foto Makro diatas membuktikan eratnya pengaruh salinitas terhadap struktur penyusun baja yang terpengaruh proses pengelasan. Semakin tinggi salinitas dan semakin tinggi pula heat input yang terjadi maka akan terbentuk martensit didalam weld metal sehingga struktur mikro dari weld metal tersebut akan terlihat kasar dan nilai kekerasan nantinya juga akan naik seiring kandungan martensit yang terbentuk didalam metal. Namun jika dibandingkan dengan struktur mikro pada daerah HAZ untuk masing masing spesimen memiliki kandungan martensit yang lebih banyak dibandingkan dengan kandungan martensit pada bagian weld metal sehingga hal ini menyebabkan daerah HAZ lebih getas dan keras dibandingkan dengan weld metal karena mengandung martensit yang lebih banyak dan dominan.

4.8. Perhitungan Butir Struktur Mikro

Untuk lebih memastikan hasil visual dari pengujian mikro dilakukan perhitungan butir fasa struktur perlit dan ferit pada perbesaran 100x. Pada hasil foto mikro dengan perbesaran 100x sebelumnya dipotong kembali seperti pada contoh gambar 4.68 dengan diameter lingkaran luar 159.6 mm dan lingkaran dalam berdiameter 79.8 mm. Pada foto mikro yang akan dihitung diambil 3 posisi acak untuk nantinya dirata – rata sebagai hasil perhitungan banyak butir fasa struktur yang berada pada setiap spesimen uji.



Gambar 4.68 Pemotongan Gambar Untuk Perhitungan Butir Fasa

Dari perhitungan butir didapatkan jumlah butir ferit dan perlit yang berada pada lingkaran kecil. Dengan mengalikan faktor pengali dalam perhitungan struktur

mikro dengan jumlah butir akan didapatkan pebandingan prosebtase ferit dan perlit kemudian dirata – rata seperti tabel berikut.

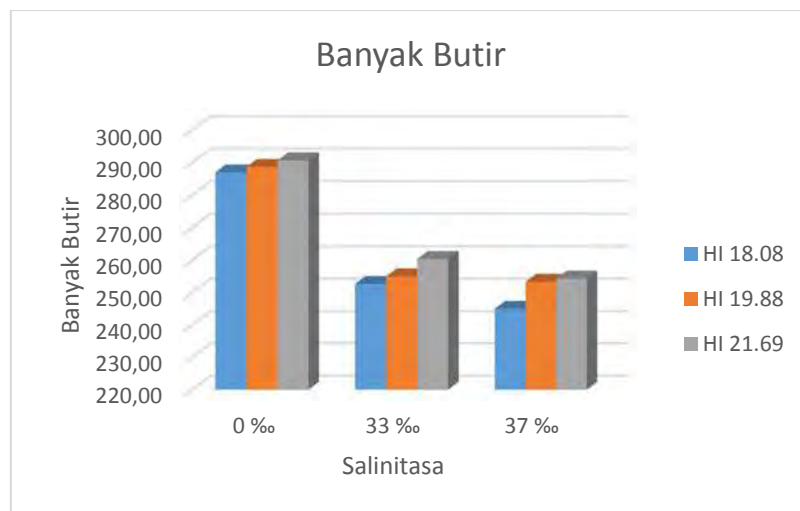
Tabel 4.5 Tabel Rata – Rata Hasil Perhitungan Butir

NO	Na		Na Total	%	
	Ferit	Perlit		Ferit	Perlit
1	187.67	99.33	287.00	65.88	34.12
2	207.00	81.67	288.67	71.82	28.18
3	201.00	89.67	290.67	69.39	30.61
4	158.67	94.00	252.67	63.02	36.98
5	173.00	82.00	255.00	68.10	31.90
6	176.00	84.33	260.33	67.58	32.42
7	156.33	88.67	245.00	63.57	36.43
8	167.33	86.00	253.33	66.19	33.81
9	186.67	67.67	254.33	73.46	26.54

Rumus Perhitungan :

$$f \text{ (faktor)} \times (\text{Na didalam lingkaran} + (\text{Na menyinggung lingkaran}/2))$$

Dalam perhitungan tersebut faktor pengali (f) yang digunakan ialah 2 sesuai dengan tabel pada ASTM d211. Untuk melihat kesesuaian hasil mikro dengan uji sebelumnya dapat di lihat pada Grafik Jumlah Butir berikut.



Gambar 4.69 Grafik Jumlah Butir dalam Lingkaran Perhitungan

Semakain banyak butir fasa dalam lingkaran perhitungan menandakan bahwa struktur pada spesimen tersebut semakin kasar dan nilai kekerasannya juga meningkat. Pada pegujian sebelumnya juga menunjukkan keselarasan yang serupa

dengan hasil perhitungan butir dimana pada setiap salinitas ketika heat input dinaikan dari 18.08 KJ/mm menjadi 21.69 KJ/mm nilai kekerasan nya semakin meningkat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian analisa perbandingan salinitas dan heat input terhadap sifat mekanik weld joint material A36 pada variasi heat input 18.08 KJ/mm, 19.88 KJ/mm, 21.69 KJ/mm dan variasi salinitas 0⁰/₀₀, 33⁰/₀₀, 37⁰/₀₀ dilakukan pada larutan media uji dengan suhu mula – mula sebelum dilakukan pengelasan pada kisaran 26.4 °C – 27.8 °C.

5.1.1. Pengujian Tarik

Pada Salinitas 0⁰/₀₀ terjadi kenaikan hasil uji tarik seiring dengan naiknya heat input yang diberikan terhadap pengelasan pada metal.

1. Semakin besar Heat Input yang diberikan semakin besar pula nilai Tegangan Ultimate, Tegangan Yield, Elongasi, dan Regangan Plastis. Sedikit berbeda dengan nilai Regangan Elastis pada salinitas 0⁰/₀₀ mengalami penurunan sejalan dengan naiknya besar heat input yang diberikan saat percobaan dilakukan.
2. Pada Hasil Uji Tarik spesimen uji yang dilas pada salinitas 0⁰/₀₀ nilai Tegangan Ultimate terbesar terjadi pada pengelasan dengan heat input sebesar 21.69 KJ/mm yang menghasilkan nilai Tegangan *Ultimate* sebesar 488.75 Mpa.
3. Nilai Tegangan Yield terbesar pada pengelasan didalam salinitas 0⁰/₀₀ terjadi pada spesimen yang sama pada perlakuan heat input sebesar 21.69KJ/mm dengan nilai Tegangan Yield sebesar 349.47 Mpa.
4. Elongasi yang terjadi semakin meningkat dan pada spesimen yang sama seperti sebelumnya dengan diberikan heat input sebesar 21.69 KJ/mm Elongasinya sebesar 26.33%.
5. Regangan Plastis Terbesar juga masih dimiliki pada spesimen yang sama dengan perlakuan heat input sebesar 21.69 KJ/mm didapatkan nilai regangan plastis sebesar 47%

6. Pada spesimen yang sama dengan perlakuan Heat Input sebesar 21.69 KJ/mm memiliki nilai Regangan Elastis paling rendah sebesar 14%.

Pada Salinitas 33⁰/₀₀ terjadi penurunan hasil uji tarik seiring dengan naiknya heat input yang diberikan terhadap pengelasan pada metal.

1. Semakin besar Heat Input yang diberikan semakin kecil nilai Tegangan Ultimate, Tegangan Yield, Elongasi, dan Regangan Plastis. Untuk nilai regangan elastiscenderung naik seiring naiknya heat input yang diberikan pada percobaan.
2. Pada pengelasan dengan salinitas 33⁰/₀₀ nilai Tegangan Ultimate terbesar terjadi pada pengelasan pertama dengan heat input sebesar 18.08 KJ/mm yaitu 509.18 Mpa.
3. Nilai Tegangan Yield terbesar pada pengelasan didalam salinitas 33⁰/₀₀ terjadi pada spesimen yang sama pada perlakuan heat input 18.08 KJ/mm dengan nilai Tegangan Yield sebesar 372.19 Mpa.
4. Elongasi terbesar pada perlakuan heat input sebesar 18.08 KJ/mm yaitu sebesar 18.16%
5. Regangan Plastis Terbesar pada spesimen dengan perlakuan heat input 19.88 KJ/mm yaitu 44%
6. Regangan Elastis Terbesar pada spesimen dengan perlakuan heat input 21.69 KJ/mm yaitu 19%

Pada Salinitas 37⁰/₀₀ terjadi penurunan hasil uji tarik seiring dengan naiknya heat input yang diberikan terhadap pengelasan pada metal.

1. Semakin besar Heat Input yang diberikan semakin kecil nilai Tegangan Ultimate, Tegangan Yield, Elongasi, dan Regangan Plastis. Untuk nilai regangan elastis cenderung naik seiring naiknya heat input yang diberikan pada percobaan.
2. Pada pengelasan dengan salinitas 37⁰/₀₀ nilai Tegangan Ultimate terbesar terjadi pada pengelasan pertama dengan heat input sebesar 18.08 KJ/mm yaitu 472.36 Mpa.
3. Nilai Tegangan Yield terbesar pada pengelasan didalam salinitas 37⁰/₀₀ pada spesimen dengan heat input 18.08 KJ/mm sebesar 377.5 Mpa.

4. Elongasi terbesar pada perlakuan heat input sebesar 18.08 KJ/mm yaitu sebesar 21.89%
5. Regangan Plastis Terkecil pada spesimen dengan heat input 21.69 KJ/mm yaitu 34%
6. Regangan Elastis Terbesar pada spesimen uji dengan heat input 21.69 KJ/mm yaitu 28%

5.1.2. Pengujian Kekerasan

Untuk perlakuan heat input antara 18.08 KJ/mm – 21.69 KJ/mm masih mengalami kenaikan kekerasan terhadap spesimen uji yang dilas pada salinitas 0⁰/₀₀, 33⁰/₀₀ dan 37⁰/₀₀.

1. Pada salinitas 0⁰/₀₀ nilai kekerasan weld joint terbesar dimiliki spesimen dengan Heat Input 21.69 KJ/mm yaitu 174.13 Mpa
2. Pada salinitas 33⁰/₀₀ nilai kekerasan weld joint terbesar dimiliki spesimen dengan Heat Input 21.69 KJ/mm yaitu 165.22 Mpa
3. Pada salinitas 37⁰/₀₀ nilai kekerasan weld joint terbesar dimiliki spesimen dengan Heat Input 21.69 KJ/mm yaitu 199.63 Mpa

Perubahan kekakuan yang terjadi umumnya pada bagian weld metal dan HAZ karena proses naik turunnya suhu secara langsung terjadi pada bagian weld metal. Pengaruh panas tidak langsung berinteraksi dengan HAZ. Pada bagian ini HAZ menerima panas yang lebih kecil dibandingkan dengan weld metal sehingga untuk kadar salinitas yang rendah tentunya akan menghasilkan nilai kekerasan yang lebih baik untuk HAZ.

5.1.3. Pengujian Metalografi

Makro etsa

1. Setiap spesimen uji memiliki garis garis yang jelas untuk pemisah antar layer karena adanya larutan media uji ketika pengelasan terjadi.
2. Semakin tinggi salinitas dan semakin besar heat input yang diberikan semakin jelas pula batas antar layer pada setiap spesimen benda uji.

3. Semakin pekat kadar garam semakin mengganggu jalannya pengelasan sehingga sulit untuk membuat hasil lasan yang bagus pada salinitas yang tinggi.

Mikro etsa

1. Pada hasil visual mikro etsa bagian gelap merupakan pearlit, bagian terang merupakan ferit.
2. Prosentase Fasa Perlit terbesar pada salinitas 0⁰/₀₀ dengan heat input 18.08 KJ/mm yaitu 34.12 %
3. Prosentase Fasa Perlit terbesar pada salinitas 33⁰/₀₀ dengan heat input 18.08 KJ/mm yaitu 36.98 %
4. Prosentase Fasa Perlit terbesar pada salinitas 37⁰/₀₀ dengan heat input 18.08 KJ/mm yaitu 36.43 %

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan tentunya ada beberapa saran yang dapat dijadikan sebagai masukan untuk penelitian terkait selanjutnya diantaranya :

1. Pengelasan bawah air dengan metode seperti pada penelitian ini agar dilakukan dengan kondisi welder didalam air untuk meningkatkan akurasi dari hasil penelitian.
2. Didalam penelitian ini masih menggunakan alat las SMAW darat yang telah dimodifikasi untuk kondisi menyerupai dibawah air, untuk penelitian berikutnya dengan metode yang sama dapat menggunakan peralatan khusus pengelasan dibawah air.
3. Didalam penelitian ini tidak menyertakan uji korosi, untuk penelitian terkait pengaruh salinitas ada kalanya dilanjutkan dengan uji korosi.
4. Dapat pula melakukan penelitian serupa dengan variasi heat input dan salinitas yang berbeda takarannya.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM, 1989. Metallurgy and Microstructures. ASM Handbook Committee, Metal Park : Ohio.
- Hudaya, Ervan Harya. 2008. Pengaruh Underwater Welding Terhadap Perubahan Sifat Mekanik Weld Joint Material Baja di Lingkungan Laut. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Japanese Standards Association. 1984. JIS Hand Book, Ferrous Metals and Metallurgy
- Riyadi, Fajar. 2008. Analisa Mechanical dan Metalurgi Pengelasan Baja Karbon A36 dengan Metode SMAW. Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan ITS. Surabaya
- Soegiono. 2004. TEKNOLOGI PRODUKSI DAN PERAWATAN BANGUNANLAUT. Surabaya: Airlangga University Press
- Umi, Muvidah. 2009. Pengaruh Jenis Proses Las dan Salinitas terhadap sifat Mekanik Weld Joint Material Baja pada Underwater Welding di Lingkungan Laut. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Wibowo, Heri. 2009. Pengaruh Heat Input Melalui Variasi Arus pada Las SMAW antara Baja Tahan Karat dengan Baja Karbon Rendah terhadap Kekuatan Mekanis. Tugas Akhir Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta
- Wikipedia Online. <http://www.wikipedia.com>
- Wiryosumarto, Harsono dan Okumura, T. 2000. **Teknologi Pengelasan Logam**. Jakarta: Pradnya Paramita.

_____, American Welding Society. 1981. **Welding Hand Book vol. 1, 7th edition Fundamentals of Welding.** Miami : American Welding Society.

_____, American Welding Society. 1981. **Welding Hand Book vol. 2, 8th edition Welding Processes.** Miami : American Welding Society.

_____, American Welding Society. 1996. **Welding Hand Book vol. 3, 8th edition Materials and Application Part 1.** Miami : American Welding Society.



**LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA
TELEPON (031) 594 8886, FAX. (031) 592 8387**

DATA ANALISA AIR

Dikirim Oleh : Sdr. Choirul Oto
Dikirim Tanggal : 14 Desember 2015
Sampel Dari : Larutan Uji Las

No	Kode Sampel	Hasil Analisa Salinitas (‰)
1	I	1,27
2	II	5,36
3	III	32,65
4	IV	34.40
5	V	36,53
6	VI	39.80
Metode Analisis		Salinometer

Surabaya, 15 Desember 2015
Laboratorium Kualitas Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS



Catatan :
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air yang diterima laboratorium kami



WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

WPS No. : 01 Date, 6 – 9 - 2015
 Welding process : SMAW
 Type : Manual
 Joint Design : Butt Joint, Single V-groove
 Base metal : Groove : 5-10mm
 Filler Metal : AWS no. E 6013
 Diameter : 2,6 mm
 Welding position : 1 G (flat position)
 Current : DC
 Polarity : DCSP (Straight polarity)
 Ampere range : 100 – 120 Ampere
 Voltage : 220 V
 Salinitas : 0 ‰

Weld Layer	Process	Filler		Current		Volt	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	100	220	2,05 menit
2	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	100	220	2,05 menit
3	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	100	220	2,05 menit
4	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	100	220	2,05 menit



WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

WPS No. : 02 Date, 6 - 9 - 2015
 Welding process : SMAW
 Type : Manual
 Joint Design : Butt Joint, Single V-groove
 Base metal : Groove : 5-10mm
 Filler Metal : AWS no. E 6013
 Diameter : 2,6 mm
 Welding position : 1 G (flat position)
 Current : DC
 Polarity : DCSP (Straight polarity)
 Ampere range : 100 – 120 Ampere
 Voltage : 220 V
 Salinitas : 0⁰/₀₀

Weld Layer	Process	Filler		Current		Volt	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	110	220	2,05 menit
2	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	110	220	2,05 menit
3	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	110	220	2,05 menit
4	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	110	220	2,05 menit



WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

WPS No. : 03 Date, 6 - 9 - 2015
 Welding process : SMAW
 Type : Manual
 Joint Design : Butt Joint, Single V-groove
 Base metal : Groove : 5-10mm
 Filler Metal : AWS no. E 6013
 Diameter : 2,6 mm
 Welding position : 1 G (flat position)
 Current : DC
 Polarity : DCSP (Straight polarity)
 Ampere range : 100 – 120 Ampere
 Voltage : 220 V
 Salinitas : 0 ‰

Weld Layer	Process	Filler		Current		Volt	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	120	220	2,05 menit
2	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	120	220	2,05 menit
3	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	120	220	2,05 menit
4	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	120	220	2,05 menit



WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

WPS No. : 04 Date, 8 – 10 - 2015
 Welding process : SMAW
 Type : Manual
 Joint Design : Butt Joint, Single V-groove
 Base metal : Groove : 5-10mm
 Filler Metal : AWS no. E 6013
 Diameter : 2,6 mm
 Welding position : 1 G (flat position)
 Current : DC
 Polarity : DCSP (Straight polarity)
 Ampere range : 100 – 120 Ampere
 Voltage : 220 V
 Salinitas : 33 ‰

Weld Layer	Process	Filler		Current		Volt	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	100	220	2,05 menit
2	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	100	220	2,05 menit
3	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	100	220	2,05 menit
4	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	100	220	2,05 menit



WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

WPS No. : 05 Date, 8 – 10 - 2015
 Welding process : SMAW
 Type : Manual
 Joint Design : Butt Joint, Single V-groove
 Base metal : Groove : 5-10mm
 Filler Metal : AWS no. E 6013
 Diameter : 2,6 mm
 Welding position : 1 G (flat position)
 Current : DC
 Polarity : DCSP (Straight polarity)
 Ampere range : 100 – 120 Ampere
 Voltage : 220 V
 Salinitas : 33 ‰

Weld Layer	Process	Filler		Current		Volt	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	110	220	2,05 menit
2	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	110	220	2,05 menit
3	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	110	220	2,05 menit
4	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	110	220	2,05 menit



WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

WPS No. : 06 Date, 8 - 10 - 2015
 Welding process : SMAW
 Type : Manual
 Joint Design : Butt Joint, Single V-groove
 Base metal : Groove : 5-10mm
 Filler Metal : AWS no. E 6013
 Diameter : 2,6 mm
 Welding position : 1 G (flat position)
 Current : DC
 Polarity : DCSP (Straight polarity)
 Ampere range : 100 – 120 Ampere
 Voltage : 220 V
 Salinitas : 33 ‰

Weld Layer	Process	Filler		Current		Volt	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	120	220	2,05 menit
2	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	120	220	2,05 menit
3	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	120	220	2,05 menit
4	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	120	220	2,05 menit



WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

WPS No. : 07 Date, 8 - 10 - 2015
 Welding process : SMAW
 Type : Manual
 Joint Design : Butt Joint, Single V-groove
 Base metal : Groove : 5-10mm
 Filler Metal : AWS no. E 6013
 Diameter : 2,6 mm
 Welding position : 1 G (flat position)
 Current : DC
 Polarity : DCSP (Straight polarity)
 Ampere range : 100 – 120 Ampere
 Voltage : 220 V
 Salinitas : 37 ‰

Weld Layer	Process	Filler		Current		Volt	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	100	220	2,05 menit
2	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	100	220	2,05 menit
3	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	100	220	2,05 menit
4	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	100	220	2,05 menit



WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

WPS No. : 08 Date, 8 - 10 - 2015
 Welding process : SMAW
 Type : Manual
 Joint Design : Butt Joint, Single V-groove
 Base metal : Groove : 5-10mm
 Filler Metal : AWS no. E 6013
 Diameter : 2,6 mm
 Welding position : 1 G (flat position)
 Current : DC
 Polarity : DCSP (Straight polarity)
 Ampere range : 100 – 120 Ampere
 Voltage : 220 V
 Salinitas : 37 ‰

Weld Layer	Process	Filler		Current		Volt	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	110	220	2,05 menit
2	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	110	220	2,05 menit
3	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	110	220	2,05 menit
4	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	110	220	2,05 menit




WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

WPS No. : 09 Date, 8 - 10 - 2015
 Welding process : SMAW
 Type : Manual
 Joint Design : Butt Joint, Single V-groove
 Base metal : Groove : 5-10mm
 Filler Metal : AWS no. E 6013
 Diameter : 2,6 mm
 Welding position : 1 G (flat position)
 Current : DC
 Polarity : DCSP (Straight polarity)
 Ampere range : 100 – 120 Ampere
 Voltage : 220 V
 Salinitas : 37 ‰

Weld Layer	Process	Filler		Current		Volt	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	120	220	2,05 menit
2	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	120	220	2,05 menit
3	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	120	220	2,05 menit
4	SMAW	AWS E 6013	2,6 mm	DCSP	120	220	2,05 menit

Customer :	CHOIRUL	Report No. :	D01-RT/RBT/XI/15
Project Name :	TUGAS AKHIR	Drawing No. :	-
Location :	SURABAYA	Procedure No. :	RBT-P-10
Work Order No. :	-	Applicable Code :	AWS D1.1

PART	RADIATION SOURCE	RADIOGRAPHIC FILM	LEAD SCREEN
Name : PLATE	Isotope Type : Ir-192	Brand : FUJI	Thickness: 0,125 mm
OD : - mm	Activity : 55 Ci	Film Type : MEDIUM	Placement: <input checked="" type="checkbox"/> Front
Base Mat'l Type : C/S	X-ray Equipment : -	Dimension: 4X10 inch	<input checked="" type="checkbox"/> Back
Base Mat'l Thk. : 10 mm	Voltage : -	No. of Film in a Cassete: 1	MARKER
Reinforcement : 4 mm	Current : -	Lead letter "B" used : <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	Placement : Source Side <input checked="" type="checkbox"/>
Backing : Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	Source Size (mm) : 3 x 3		Film Side <input type="checkbox"/>

TECHNIQUE	EXPOSURE TECHNIQUE SKETCH	IMAGE QUALITY INDICATOR
Exposure : Single Wall <input checked="" type="checkbox"/> Double Wall <input type="checkbox"/>		Wire Set: 1B Wire ID: 7
Viewing : Single Wall <input checked="" type="checkbox"/> Double Wall <input type="checkbox"/>	Panoramic <input type="checkbox"/> SWSV <input checked="" type="checkbox"/> SWSV <input type="checkbox"/> DWDV <input type="checkbox"/>	Dia.: 0.33 mm
Exposure Time : 35 Sec		Hole Designation: _____
Ug : 0,51 mm		Visible Hole
SOD : 12 inch		1T <input type="checkbox"/> 2T <input type="checkbox"/> 4T <input type="checkbox"/>
SSOF : 12,5 inch	DWSV <input type="checkbox"/> DWSV <input type="checkbox"/> DWDV <input type="checkbox"/>	Placement:
Note:	Note for sketch:	Source Side <input checked="" type="checkbox"/>
SOD : Source to Object Distance	1. SWSV: Single Wall Single Viewing	Film Side <input type="checkbox"/>
SSOF : Source side to Object Film	2. DWSV: Double Wall Single Viewing	DENSITY: Min :2 Max :4
	3. Other than listed (Please Sketch)	

Date of RT	Welder Stamp	Identification		Sensitivity	Discontinuity								Result		Remark / Comment
		Joint Name	Interest Area	Wire ID/Hole									Acc	Rep	
					IF	JP	RC	UC	P	INC	CR				
17-11-2015	-	100A - 0%	A - B	5 Wire					✓	✓			-	Rej	P:4mm, elongated:8mm
		110A - 0%	A - B	5 Wire			✓	✓	✓				Acc	-	P:1mm
		120A - 0%	A - B	5 Wire				✓	✓				Acc	-	P:1mm
		100A - 33%	A - B	5 Wire					✓				-	Rej	cluster: 8 mm
		110A - 33%	A - B	5 Wire			✓		✓				-	Rej	P: 3mm

Type of Discontinuity : IF : Incomplete Fusion, IP: Incomplete Penetration, UC:Undercut, RC:Root Concavity, P:Porosity, INC:Inclusion, CR: Crack

Welding Process(es) : SMAW

Total Film/s : 4" x 10" = 5 Sheet/s 4" x 15" = Sheet/s

Examined By,	Reviewed/Witnessed By,	Reviewed/Witnessed By,	Reviewed/Witnessed By,
--------------	------------------------	------------------------	------------------------



Date:18-11-2015

Date:

Date:

Date:

POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

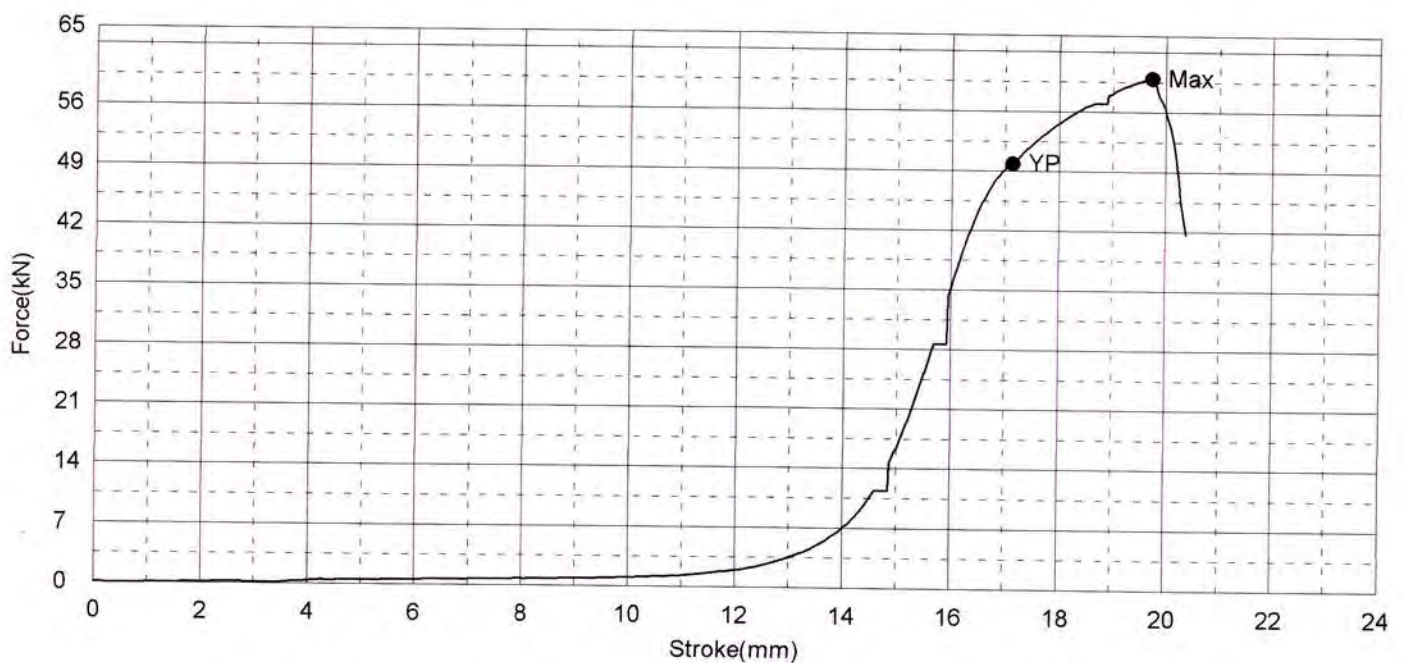
LABORATORIUM UJI BAHAN

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
IX	10.0000	14.4400	60.5800

Name	Area	Yield_Force	Yield_Stress	Max_Force	Max_Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm ²	kN	MPa	kN	MPa
IX	144.40	49.85	345.24	59.94	415.12

Name	Elongation
Units	%
IX	6.11



Comment

Material Patah pada Logam Las (Weld Metal)

Perusahaan/Instansi: Sdr. Oto, Teknik Kelautan

Material: A 36

Proses Las : SMAW (Under Water Sea)

Referensi: -

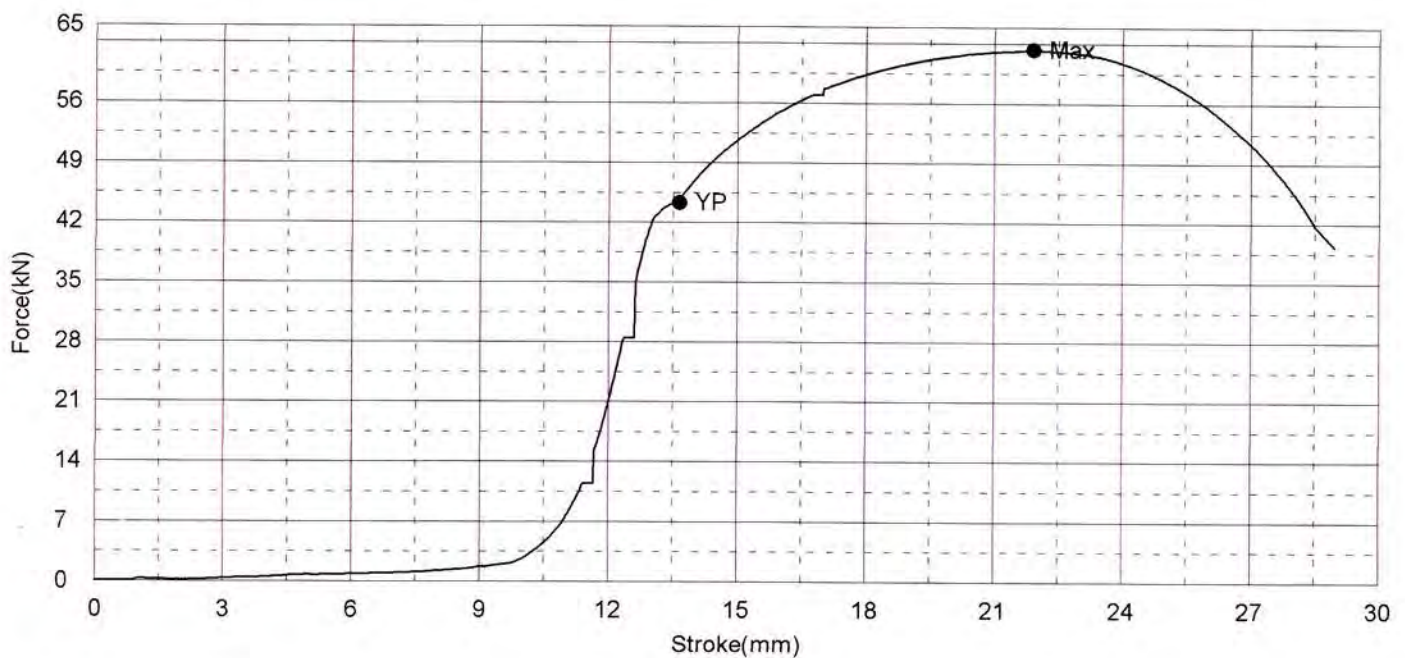
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
LABORATORIUM UJI BAHAN

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
VIII	10.0000	12.5400	60.5500

Name	Area	Yield_Force	Yield_Stress	Max_Force	Max_Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm ²	kN	MPa	kN	MPa
VIII	125.40	44.28	353.08	62.29	496.71

Name	Elongation
Units	%
VIII	16.22



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan/Instansi: Sdr. Oto, Teknik Kelautan

Material: A 36

Proses Las : SMAW (Under Water Sea)

Referensi: -

POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

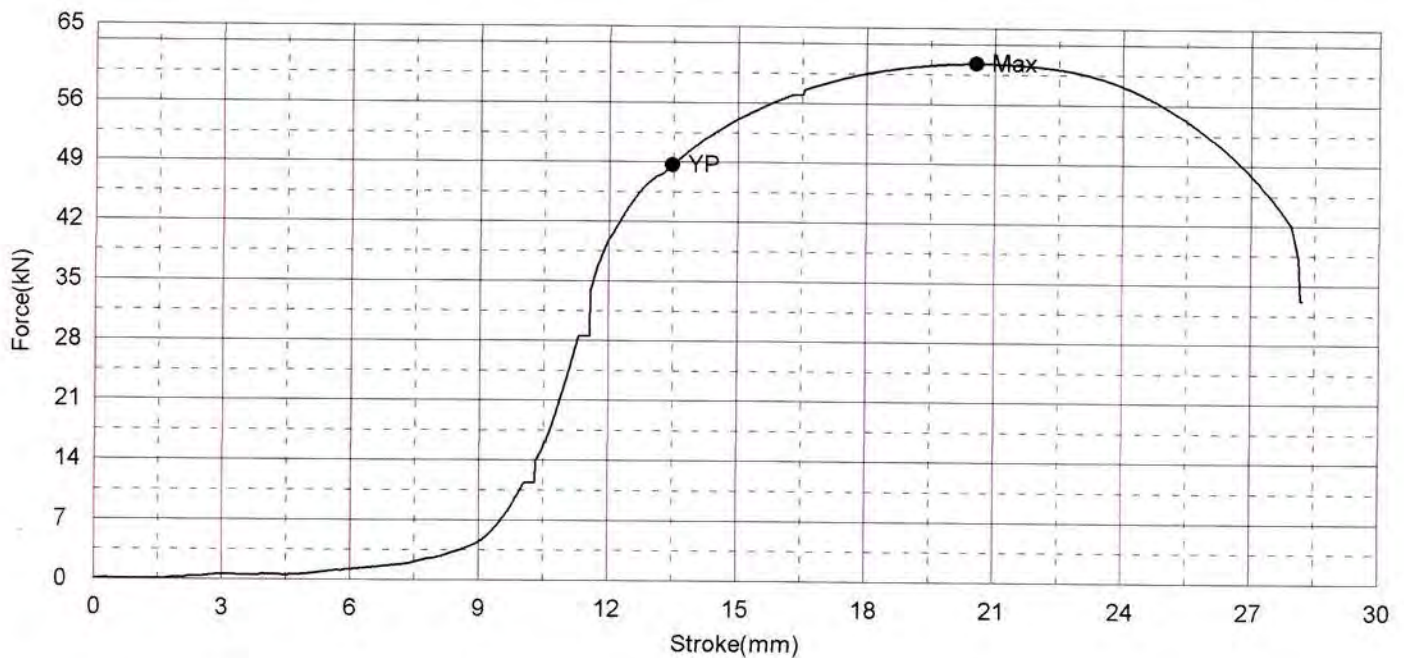
LABORATORIUM UJI BAHAN

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
VII	10.0000	12.8800	60.3800

Name	Area	Yield_Force	Yield_Stress	Max_Force	Max_Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm ²	kN	MPa	kN	MPa
VII	128.80	48.63	377.56	60.84	472.39

Name	Elongation
Units	%
VII	21.89



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan/Instansi: Sdr. Oto, Teknik Kelautan

Material: A 36

Proses Las : SMAW (Under Water Sea)

Referensi: -

POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

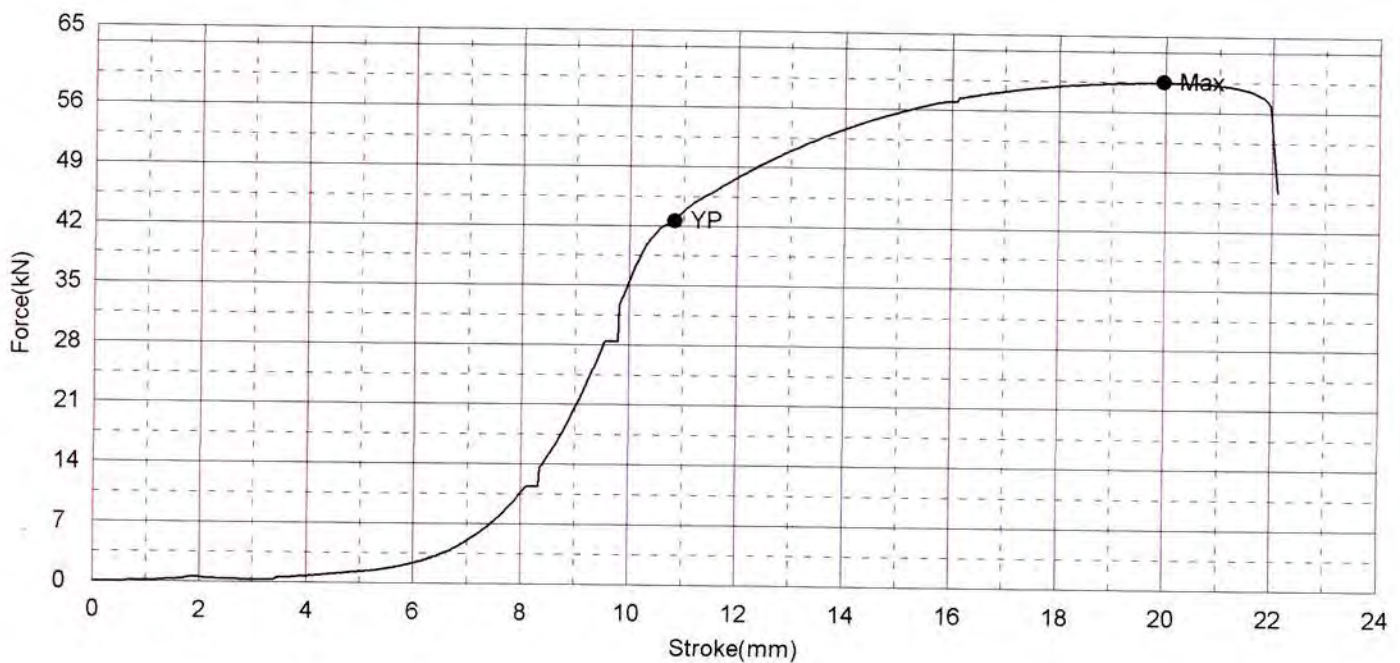
LABORATORIUM UJI BAHAN

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
VI	10.0000	12.2400	59.9000

Name	Area	Yield_Force	Yield_Stress	Max_Force	Max_Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm ²	kN	MPa	kN	MPa
VI	122.40	42.67	348.58	59.51	486.21

Name	Elongation
Units	%
VI	15.08



Comment

Material Patah pada Logam Las (Weld Metal)

Perusahaan/Instansi: Sdr. Oto, Teknik Kelautan

Material: A 36

Proses Las : SMAW (Under Water Sea)

Referensi: -

POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

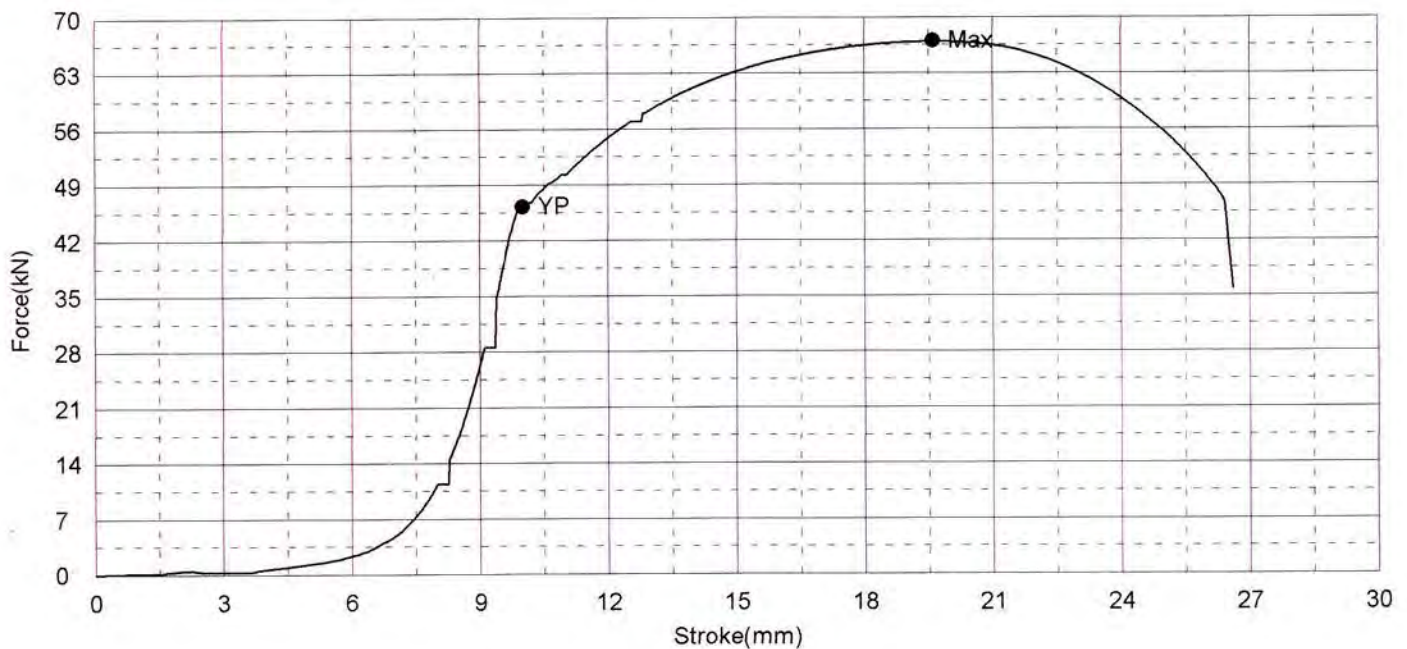
LABORATORIUM UJI BAHAN

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
V	10.0000	13.4800	60.3700

Name	Area	Yield_Force	Yield_Stress	Max_Force	Max_Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm ²	kN	MPa	kN	MPa
V	134.80	46.28	343.31	66.99	496.93

Name	Elongation
Units	%
V	16.12



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan/Instansi: Sdr. Oto, Teknik Kelautan

Material: A 36

Proses Las : SMAW (Under Water Sea)

Referensi: -

POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

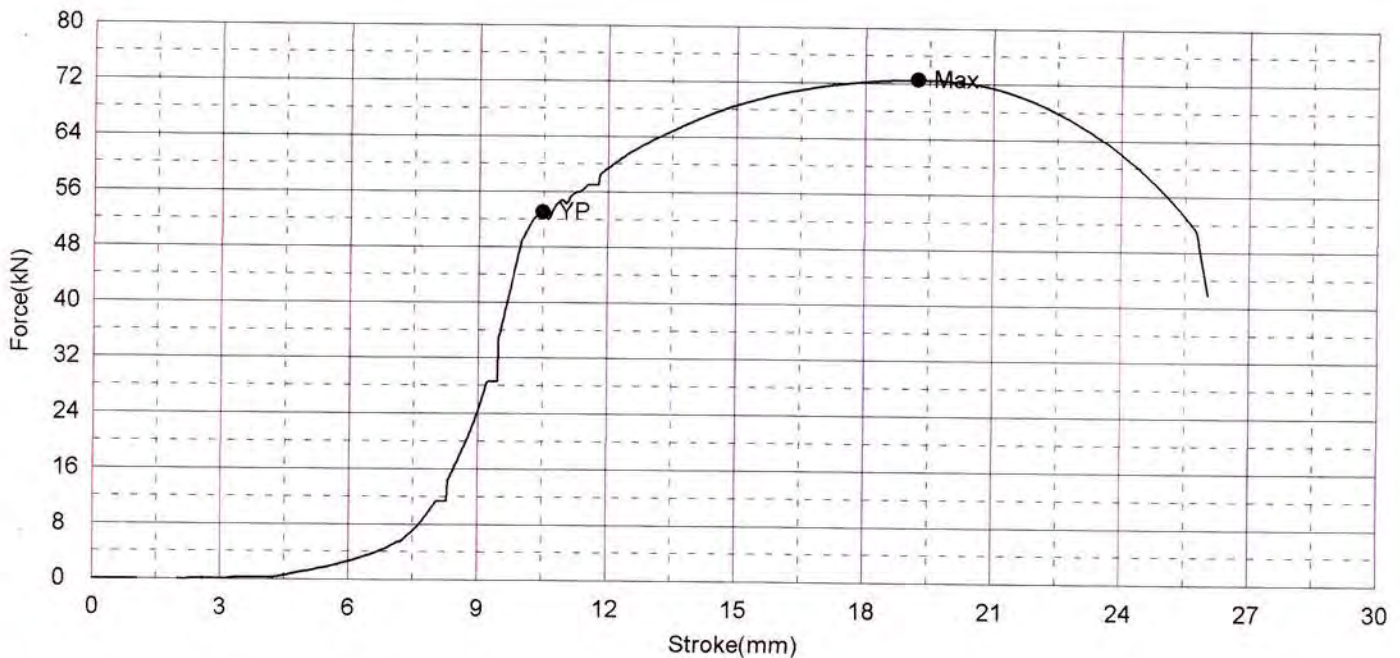
LABORATORIUM UJI BAHAN

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
IV	10.0000	14.2500	59.8000

Name	Area	Yield_Force	Yield_Stress	Max_Force	Max_Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm ²	kN	MPa	kN	MPa
IV	142.50	53.04	372.18	72.56	509.18

Name	Elongation
Units	%
IV	18.16



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan/Instansi: Sdr. Oto, Teknik Kelautan

Material: A 36

Proses Las : SMAW (Under Water Sea)

Referensi: -

POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

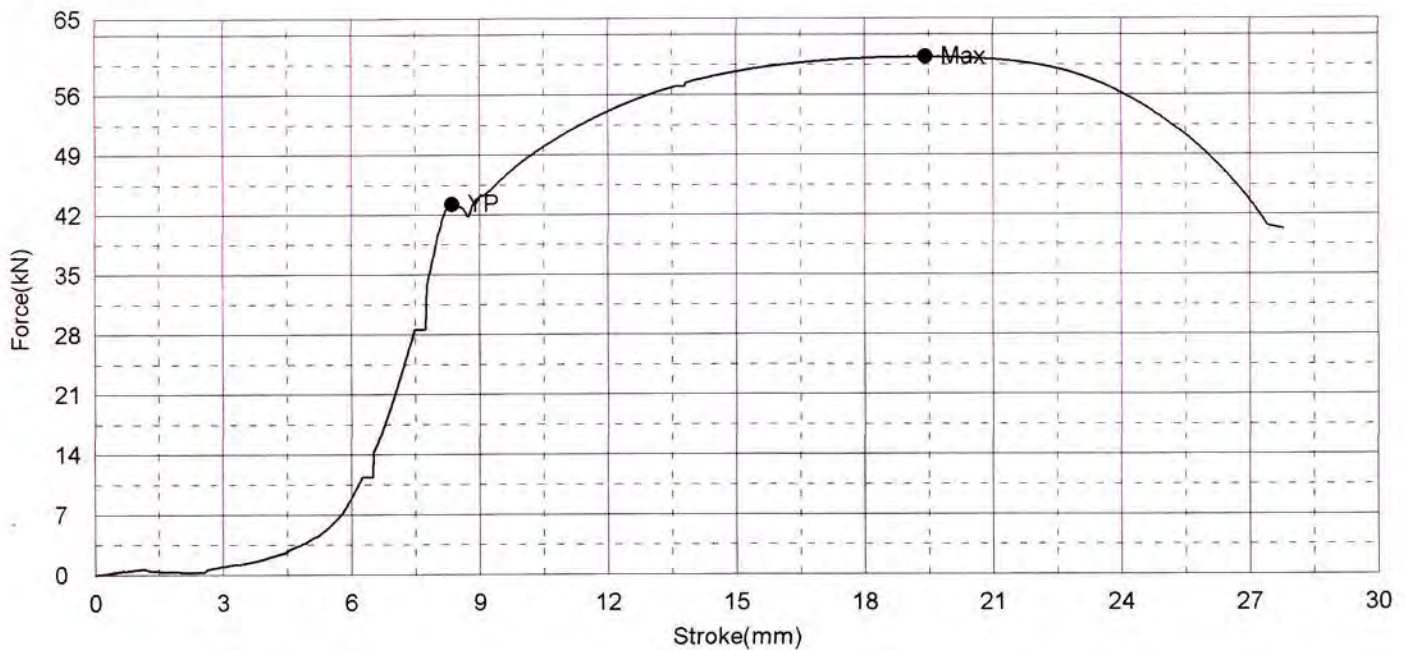
LABORATORIUM UJI BAHAN

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
III	10.0000	12.3700	59.8200

Name	Area	Yield_Force	Yield_Stress	Max_Force	Max_Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm ²	kN	MPa	kN	MPa
III	123.70	43.23	349.50	60.46	488.74

Name	Elongation
Units	%
III	26.33



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan/Instansi: Sdr. Oto, Teknik Kelautan

Material: A 36

Proses Las : SMAW (Under Water Sea)

Referensi: -

POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

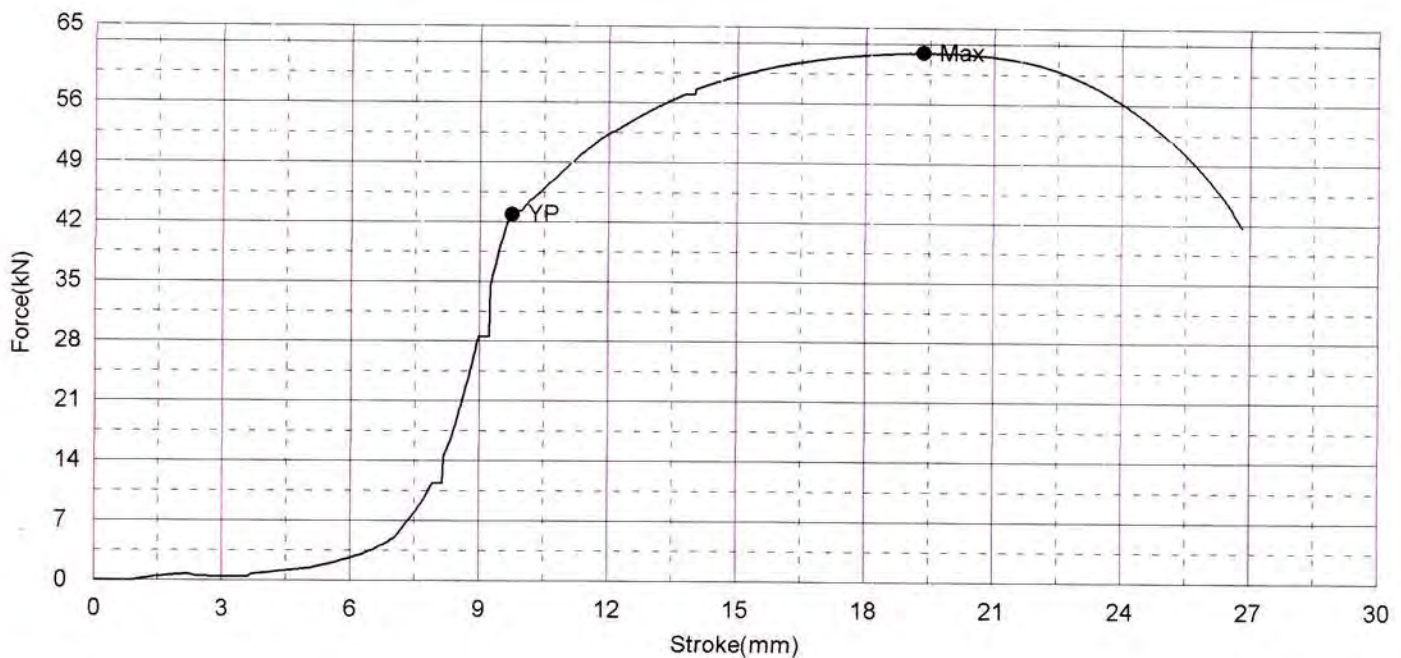
LABORATORIUM UJI BAHAN

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
II	10.0000	12.8000	59.8900

Name	Area	Yield_Force	Yield_Stress	Max_Force	Max_Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm ²	kN	MPa	kN	MPa
II	128.00	42.91	335.24	62.04	484.66

Name	Elongation
Units	%
II	23.98



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan/Instansi: Sdr. Oto, Teknik Kelautan

Material: A 36

Proses Las : SMAW (Under Water Sea)

Referensi: -

POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

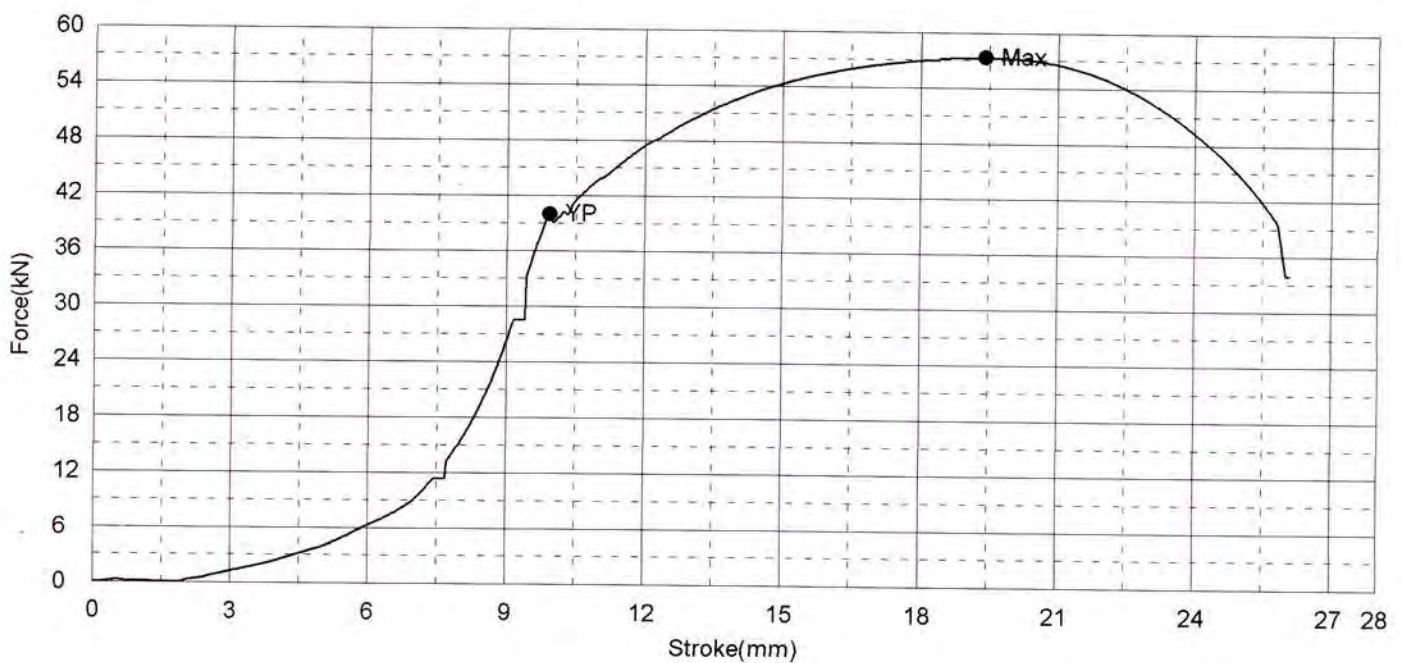
LABORATORIUM UJI BAHAN

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
I	10.0000	12.1500	59.8200

Name	Area	Yield_Force	Yield_Stress	Max_Force	Max_Stress
Parameter		0.1 %/FS	0.1 %/FS		
Units	mm ²	kN	MPa	kN	MPa
I	121.50	39.98	329.06	57.31	471.67

Name	Elongation
Units	%
I	10.13



Comment

Material Patah pada Logam Induk (Base Metal)

Perusahaan/Instansi: Sdr. Oto, Teknik Kelautan

Material: A 36

Proses Las : SMAW (Under Water Sea)

Referensi: -

DATA REKAP HASIL UJI TARIK

No	salinitas ‰	Thickness	Width	Area	Yield Force	Yield Stress (Mpa)	Max Force (kN)	Max Stress (Mpa)	Elongation (%)
1	0	10.00	12.15	121.50	39.98	329.06	51.37	471.67	10.13
2		10.00	12.10	121.00	39.48	326.28	50.87	420.41	9.63
		10.00	12.20	122.00	40.48	331.80	51.87	425.16	10.63
		10.00	12.80	128.00	42.91	335.24	62.04	484.66	23.98
3		10.00	12.75	127.50	42.41	332.63	61.54	482.67	23.48
		10.00	12.85	128.50	43.41	337.82	62.54	486.69	24.48
		10.00	12.37	123.70	43.23	349.50	60.46	488.74	26.33
4		10.00	12.32	123.20	42.73	346.83	59.96	486.69	25.83
		10.00	12.42	124.20	43.73	352.09	60.96	490.82	26.83
	33	10.00	14.25	142.50	53.04	372.18	72.56	509.18	18.16
10.00		14.20	142.00	52.54	370.00	72.06	507.46	17.66	
10.00		14.30	143.00	53.54	374.41	73.06	510.91	18.66	
5		10.00	13.48	134.80	46.28	343.31	66.99	496.93	16.12
		10.00	13.43	134.30	45.78	340.88	66.49	495.09	15.62
		10.00	13.53	135.30	46.78	345.75	67.49	498.82	16.62
6		10.00	12.24	122.40	42.67	348.58	59.51	486.21	15.08
		10.00	12.19	121.90	42.17	345.94	59.01	484.09	14.58
		10.00	12.29	122.90	43.17	351.26	60.01	488.28	15.58
7	37	10.00	12.88	128.80	48.63	377.56	60.84	472.39	21.89
		10.00	12.83	128.30	48.13	375.14	60.34	470.30	21.39
		10.00	12.93	129.30	49.13	379.97	61.34	474.40	22.39
8		10.00	12.54	132.00	44.28	335.45	62.29	471.89	16.22
		10.00	13.30	133.00	43.28	325.41	61.79	464.59	15.72
		10.00	13.10	131.00	45.28	345.65	62.79	479.31	16.72
9		10.00	14.44	144.40	49.85	345.24	59.94	415.12	6.11
		10.00	14.39	143.90	49.35	342.95	59.44	413.06	5.61
		10.00	14.49	144.90	50.35	347.48	60.44	417.12	6.61

RATA RATA UJI TARIK

No	Rata Rata					
	Area	Yield Fore	Yield Stress	Max Force	Max Stress	Elongation
1	121.50	39.98	329.05	51.37	439.08	10.13
2	128.00	42.91	335.23	62.04	484.67	23.98
3	123.70	43.23	349.48	60.46	488.75	26.33
4	142.50	53.04	372.20	72.56	509.18	18.16
5	134.80	46.28	343.31	66.99	496.94	16.12
6	122.40	42.67	348.59	59.51	486.19	15.08
7	128.80	48.63	377.56	60.84	472.36	21.89
8	132.00	44.28	335.51	62.29	471.93	16.22
9	144.40	49.85	345.22	59.94	415.10	6.11

PERHITUNGAN YIELD FORCE

No	salinitas %	Yield Force (kN)	Fr	(F-Fr)^2	SD	SDr	Kesalahan	Ketelitian	Hasil Perhitungan	
									Min	Max
1	0	39.98	39.98	0.00	0.50	0.29	0.72	99.28	39.69	40.27
		39.48		0.25						
		40.48		0.25						
2		42.91	42.91	0.00	0.50	0.29	0.67	99.33	42.62	43.20
		42.41		0.25						
		43.41		0.25						
3		43.23	43.23	0.00	0.50	0.29	0.67	99.33	42.94	43.52
		42.73		0.25						
		43.73		0.25						
4	33	53.04	53.04	0.00	0.50	0.29	0.54	99.46	52.75	53.33
		52.54		0.25						
		53.54		0.25						
5		46.28	46.28	0.00	0.50	0.29	0.62	99.38	45.99	46.57
		45.78		0.25						
		46.78		0.25						
6		42.67	42.67	0.00	0.50	0.29	0.68	99.32	42.38	42.96
		42.17		0.25						
		43.17		0.25						
7	37	48.63	48.63	0.00	0.50	0.29	0.59	99.41	48.34	48.92
		48.13		0.25						
		49.13		0.25						
8		44.28	44.28	0.00	1.00	0.58	1.30	98.70	43.70	44.86
		43.28		1.00						
		45.28		1.00						
9		49.85	49.85	0.00	0.50	0.29	0.58	99.42	49.56	50.14
		49.35		0.25						
		50.35		0.25						

PERHITUNGAN YIELD STRESS

No	salinitas ‰	Yield Stress (Mpa)	σ	(σ- σ) ²	SD	SDr	Kesalahan	Ketelitian	Hasil Perhitungan								
									Min	Max							
1	0	329.06 326.28 331.80	329.05	0.00 7.66 7.59	2.76	1.59	0.48	99.52	327.45	330.64							
2		335.24 332.63 337.82		0.00 6.77 6.72							2.60	1.50	0.45	99.55	333.73	336.73	
3		349.50 346.83 352.09		0.00 6.98 6.85													2.63
4	33	372.18 370.00 374.41	372.20	0.00 4.82 4.89	2.20	1.27	0.34	99.66	370.92	373.47							
5		343.31 340.88 345.75		343.31							0.00 5.93 5.94	2.44	1.41	0.41	99.59	341.91	
6		348.58 345.94 351.26									348.59						0.00 7.04 7.12
7	37	377.56 375.14 379.97	377.56		0.00 5.85 5.83	2.42	1.40	0.37	99.63	376.16							378.95
8		335.45 325.41 345.65		335.51	0.00 101.85 102.88							10.12	5.84	1.74	98.26	329.66	
9		345.24 342.95 347.48			345.22						0.00 5.18 5.10						

PERHITUNGAN MAX FORCE

No	salinitas ‰	Max Force (kN)	Fr	(F-Fr)^2	SD	SDr	Kesalahan	Ketelitian	Hasil Perhitungan	
									Min	Max
1	0	51.37	51.37	0.00	0.50	0.29	0.56	99.44	51.08	51.66
		50.87		0.25						
		51.87		0.25						
2		62.04	62.04	0.00	0.50	0.29	0.47	99.53	61.75	62.33
		61.54		0.25						
		62.54		0.25						
3		60.46	60.46	0.00	0.50	0.29	0.48	99.52	60.17	60.75
		59.96		0.25						
		60.96		0.25						
4	33	72.56	72.56	0.00	0.50	0.29	0.40	99.60	72.27	72.85
		72.06		0.25						
		73.06		0.25						
5		66.99	66.99	0.00	0.50	0.29	0.43	99.57	66.70	67.28
		66.49		0.25						
		67.49		0.25						
6		59.51	59.51	0.00	0.50	0.29	0.49	99.51	59.22	59.80
		59.01		0.25						
		60.01		0.25						
7	37	60.84	60.84	0.00	0.50	0.29	0.47	99.53	60.55	61.13
		60.34		0.25						
		61.34		0.25						
8		62.29	62.29	0.00	0.50	0.29	0.46	99.54	62.00	62.58
		61.79		0.25						
		62.79		0.25						
9		59.94	59.94	0.00	0.50	0.29	0.48	99.52	59.65	60.23
		59.44		0.25						
		60.44		0.25						

PERHITUNGAN MAX STRESS

No	salinitas ‰	Max Stress (Mpa)	σr	(σ-σr)^2	SD	SDr	Kesalahan	Ketelitian	Hasil Perhitungan							
									Min	Max						
1	0	471.67 420.41 425.16	439.08	1061.95 348.54 193.72	28.32	16.35	3.72	96.28	422.73	455.43						
2		484.66 482.67 486.69		0.00 4.03 4.08							2.01	1.16	0.24	99.76	483.51	485.84
3		488.74 486.69 490.82		0.00 4.25 4.29												
4	33	509.18 507.46 510.91	509.18	0.00 2.96 2.97	1.72	0.99	0.20	99.80	508.19	510.18						
5		496.93 495.09 498.82		0.00 3.45 3.51							1.87	1.08	0.22	99.78	495.87	498.02
6		486.21 484.09 488.28		0.00 4.44 4.37												
7	37	472.39 470.30 474.40	472.36	0.00 4.25 4.14	2.05	1.18	0.25	99.75	471.18	473.55						
8		471.89 464.59 479.31		0.00 53.94 54.49							7.36	4.25	0.90	99.10	467.68	476.18
9		415.12 413.06 417.12		0.00 4.14 4.06												

TABEL REKAP KEKERASAN

NO	Posisi	D1	D2	Hv
1	Weld	104.19	106.63	167.10
	Weld	103.19	105.69	170.10
	Weld	106.19	108.63	157.64
	HAZ L	78.88	80.69	291.60
	HAZ L	74.63	83.32	297.60
	HAZ L	80.88	82.69	271.89
	HAZ R	74.63	83.32	297.60
	HAZ R	74.63	80.69	291.60
	HAZ R	76.63	85.32	278.13
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	104.44	106.13	164.05
	Base R	106.44	112.07	152.44
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	107.38	108.13	156.61
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	107.38	108.13	156.61

NO	Posisi	D1	D2	Hv
2	Weld	97.57	108.38	175.10
	Weld	100.63	101.88	180.90
	Weld	99.57	110.38	165.45
	HAZ L	87.32	90.25	235.50
	HAZ L	84.38	83.25	264.00
	HAZ L	89.32	92.25	220.69
	HAZ R	84.38	83.25	264.00
	HAZ R	87.32	90.25	235.50
	HAZ R	86.38	85.25	246.93
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	106.44	112.07	152.44
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44

NO	Posisi	D1	D2	Hv
3	Weld	102.13	102.75	176.80
	Weld	102.07	101.63	178.90
	Weld	104.13	104.75	166.71
	HAZ L	99.82	96.82	191.90
	HAZ L	100.07	101.88	182.10
	HAZ L	101.82	98.82	180.72
	HAZ R	100.07	101.88	182.10
	HAZ R	99.82	96.82	191.90
	HAZ R	102.07	103.88	171.50
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	106.44	112.07	152.44
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44

TABEL REKAP KEKERASAN

NO	Posisi	D1	D2	Hv
4	Weld	108.82	111.50	152.90
	Weld	106.07	111.63	156.70
	Weld	110.82	113.50	144.57
	HAZ L	98.13	98.94	191.20
	HAZ L	95.13	100.32	194.40
	HAZ L	100.13	100.94	179.91
	HAZ R	95.13	100.32	194.40
	HAZ R	98.13	98.94	191.20
	HAZ R	97.13	102.32	182.97
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	106.44	112.07	152.44
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44

NO	Posisi	D1	D2	Hv
5	Weld	107.00	111.50	155.40
	Weld	106.82	110.82	156.70
	Weld	109.00	113.50	146.98
	HAZ L	97.69	100.00	190.00
	HAZ L	110.63	110.82	151.40
	HAZ L	99.69	102.00	178.83
	HAZ R	110.63	110.82	151.40
	HAZ R	97.69	100.00	190.00
	HAZ R	112.63	112.82	143.10
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	106.44	112.07	152.44
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44

NO	Posisi	D1	D2	Hv
6	Weld	100.69	107.32	171.50
	Weld	107.38	106.50	162.20
	Weld	102.69	109.32	161.98
	HAZ L	98.38	99.32	190.00
	HAZ L	103.44	99.75	179.80
	HAZ L	100.38	101.32	178.79
	HAZ R	103.44	99.75	179.80
	HAZ R	98.38	99.32	190.00
	HAZ R	105.44	101.75	169.49
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	106.44	112.07	152.44
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44

TABEL REKAP KEKERASAN

NO	Posisi	D1	D2	Hv
7	Weld	93.88	116.25	168.00
	Weld	93.25	104.32	190.20
	Weld	95.88	118.25	160.38
	HAZ L	93.50	96.63	205.20
	HAZ L	95.94	100.44	192.40
	HAZ L	95.50	98.63	193.05
	HAZ R	95.94	100.44	192.40
	HAZ R	93.50	96.63	205.20
	HAZ R	97.94	102.44	181.24
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	106.44	112.07	152.44
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44

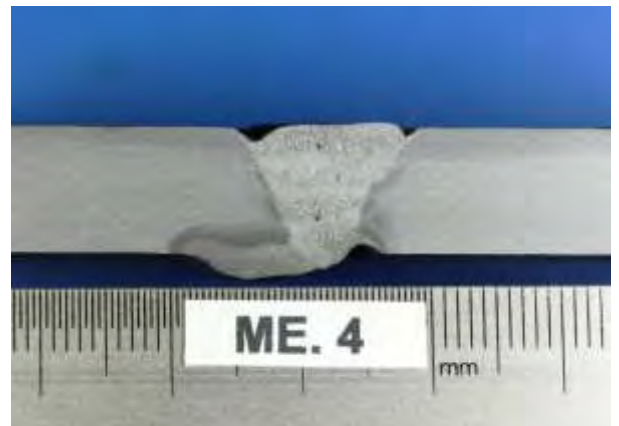
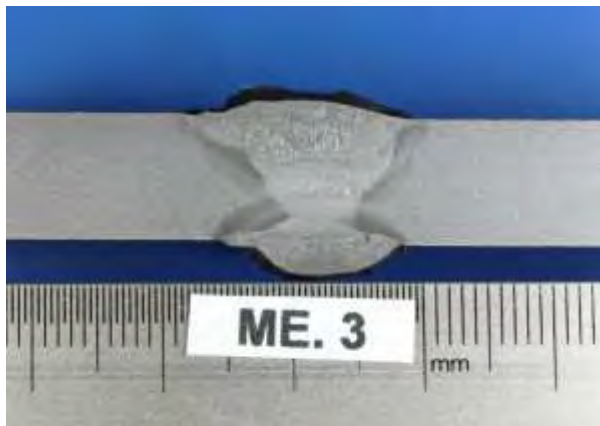
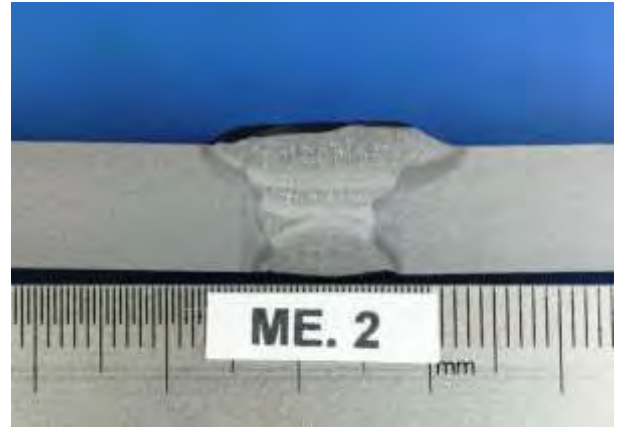
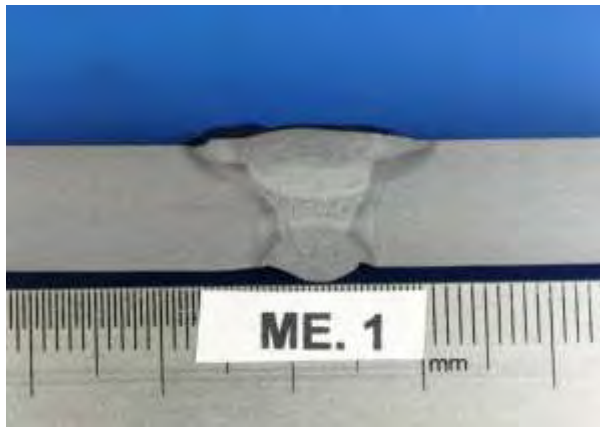
NO	Posisi	D1	D2	Hv
8	Weld	91.38	98.38	206.10
	Weld	97.94	95.50	198.40
	Weld	93.38	100.38	193.99
	HAZ L	84.82	85.82	254.80
	HAZ L	94.88	90.44	216.20
	HAZ L	86.82	87.82	238.49
	HAZ R	94.88	90.44	216.20
	HAZ R	84.82	85.82	254.80
	HAZ R	96.88	92.44	203.05
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	106.44	112.07	152.44
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44

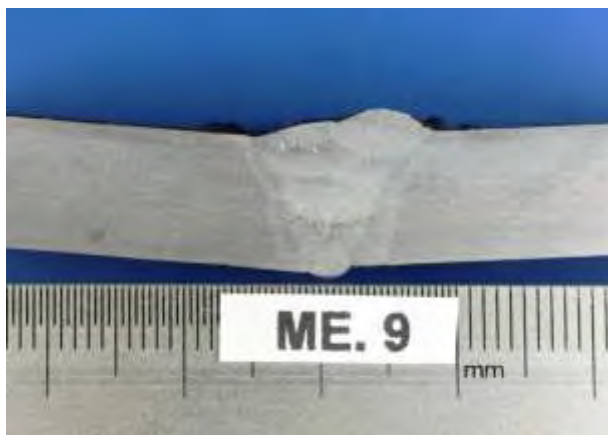
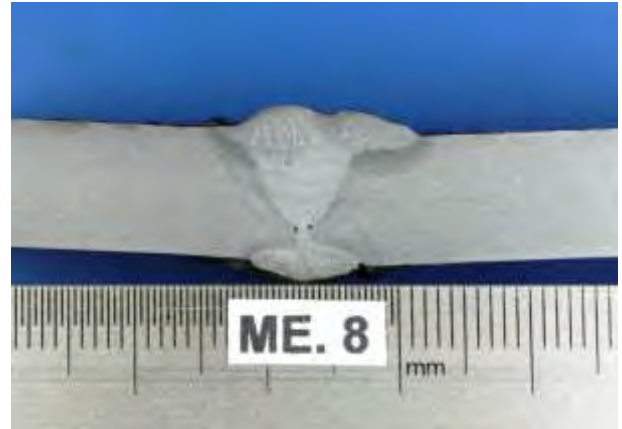
NO	Posisi	D1	D2	Hv
9	Weld	84.07	109.19	198.70
	Weld	87.82	100.07	210.20
	Weld	86.07	111.19	190.01
	HAZ L	103.07	100.44	179.20
	HAZ L	95.57	104.25	185.90
	HAZ L	105.07	102.44	168.94
	HAZ R	95.57	104.25	185.90
	HAZ R	103.07	100.44	179.20
	HAZ R	97.57	106.25	175.41
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	106.44	112.07	152.44
	Base L	105.38	106.13	165.90
	Base L	104.44	110.07	161.30
	Base L	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	107.38	108.13	156.61
	Base R	104.44	110.07	161.30
	Base R	105.38	106.13	165.90
	Base R	106.44	112.07	152.44

Kekerasan pada Weld Joint

NO	Posisi	D1	D2	Hv	Rata Rata
1	Weld	104.19	106.63	167.1	168.1
	Weld	103.19	105.69	170.1	
	Weld	104.19	106.63	167.1	
2	Weld	97.57	108.38	175.1	177.0333
	Weld	100.63	101.88	180.9	
	Weld	97.57	108.38	175.1	
3	Weld	102.13	102.75	176.8	177.5
	Weld	102.07	101.63	178.9	
	Weld	102.13	102.75	176.8	
4	Weld	108.82	111.5	152.9	154.1667
	Weld	106.07	111.63	156.7	
	Weld	108.82	111.5	152.9	
5	Weld	107	111.5	155.4	155.8333
	Weld	106.82	110.82	156.7	
	Weld	107	111.5	155.4	
6	Weld	100.69	107.32	171.5	168.4
	Weld	107.38	106.5	162.2	
	Weld	100.69	107.32	171.5	
7	Weld	93.88	116.25	168	175.4
	Weld	93.25	104.32	190.2	
	Weld	93.88	116.25	168	
8	Weld	91.38	98.38	206.1	203.5333
	Weld	97.94	95.5	198.4	
	Weld	91.38	98.38	206.1	
9	Weld	84.07	109.19	198.7	202.5333
	Weld	87.82	100.07	210.2	
	Weld	84.07	109.19	198.7	

HASIL FOTO STRUKTUR MAKRO





Keterangan :

ME. 1 ialah Foto Struktur Makro pada Spesimen SMAW dengan HI 18.08kj/mm dan Salinitas 0⁰/₀₀

ME. 2 ialah Foto Struktur Makro pada Spesimen SMAW dengan HI 19.88kj/mm dan Salinitas 0⁰/₀₀

ME. 3 ialah Foto Struktur Makro pada Spesimen SMAW dengan HI 21.69kj/mm dan Salinitas 0⁰/₀₀

ME. 4 ialah Foto Struktur Makro pada Spesimen SMAW dengan HI 18.08kj/mm dan Salinitas 33⁰/₀₀

ME. 5 ialah Foto Struktur Makro pada Spesimen SMAW dengan HI 19.88kj/mm dan Salinitas 33⁰/₀₀

ME. 6 ialah Foto Struktur Makro pada Spesimen SMAW dengan HI 21.69kj/mm dan Salinitas 33⁰/₀₀

ME. 7 ialah Foto Struktur Makro pada Spesimen SMAW dengan HI 18.08kj/mm dan Salinitas 37⁰/₀₀

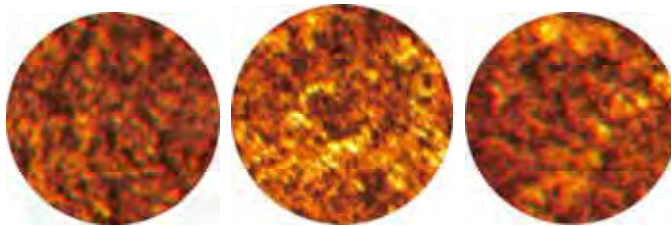
ME. 8 ialah Foto Struktur Makro pada Spesimen SMAW dengan HI 19.88kj/mm dan Salinitas 37⁰/₀₀

ME. 9 ialah Foto Struktur Makro pada Spesimen SMAW dengan HI 21.69kj/mm dan Salinitas 37⁰/₀₀

GAMBAR FOTO MIKRO UNTUK PERHITUNGAN BUTIR FERIT DAN PERLIT



Gambar perhitungan foto mikro pada spesimen Uji salinitas 0⁰/₀₀ (HI 18.08 KJ/mm)



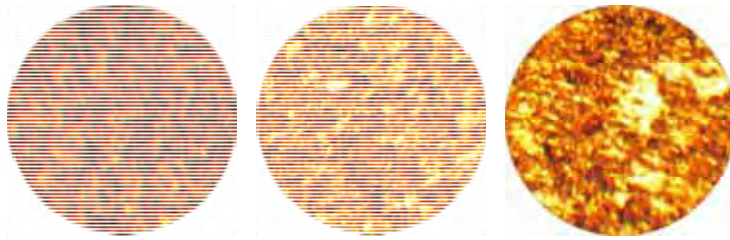
Gambar perhitungan foto mikro pada spesimen Uji salinitas 0⁰/₀₀ (HI 19.88 KJ/mm)



Gambar perhitungan foto mikro pada spesimen Uji salinitas 0⁰/₀₀ (HI 21.69 KJ/mm)



Gambar perhitungan foto mikro pada spesimen Uji salinitas 33⁰/₀₀ (HI 18.08 KJ/mm)



Gambar perhitungan foto mikro pada spesimen Uji salinitas 33⁰/₀₀ (HI 19.88 KJ/mm)



Gambar perhitungan foto mikro pada spesimen Uji salinitas 33⁰/₀₀ (HI 21.69 KJ/mm)



Gambar perhitungan foto mikro pada spesimen Uji salinitas 37⁰/₀₀ (HI 18.08 KJ/mm)



Gambar perhitungan foto mikro pada spesimen Uji salinitas 37⁰/₀₀ (HI 19.88 KJ/mm)



Gambar perhitungan foto mikro pada spesimen Uji salinitas 37⁰/₀₀ (HI 21.69 KJ/mm)

Tabel Perhitungan Butir Ferit dan Perlit

NO	Posisi	Terang		Gelap		Na		Na Total	%		rata rata		Na r
		Ferit	Perlit	Ferit	Perlit	Ferit	Perlit		Ferit	Perlit			
1	1	dalam	77	27	173	73	246	70.33	29.67	65.88	34.12	287.00	
		potong	19	19									
	1	dalam	89	33	205	90	295	69.49	30.51				
		potong	27	24									
2	1	dalam	78	54	185	135	320	57.81	42.19			288.67	
		potong	29	27									
	2	dalam	97	27	225	84	309	72.82	27.18	71.82	28.18		
		potong	31	30									
3	2	dalam	86	37	203	95	298	68.12	31.88			290.67	
		potong	31	21									
	2	dalam	88	22	193	66	259	74.52	25.48				
		potong	17	22									
4	3	dalam	76	26	174	71	245	71.02	28.98	69.39	30.61	292.67	
		potong	22	19									
	3	dalam	98	45	221	113	334	66.17	33.83				
		potong	25	23									
5	3	dalam	87	31	208	85	293	70.99	29.01			252.67	
		potong	34	23									
	4	dalam	68	33	153	86	239	64.02	35.98	63.02	36.98		
		potong	17	20									
6	4	dalam	72	30	169	78	247	68.42	31.58			255.00	
		potong	25	18									
	4	dalam	66	47	154	118	272	56.62	43.38				
		potong	22	24									
7	5	dalam	76	22	171	63	234	73.08	26.92	68.10	31.90	260.33	
		potong	19	19									
	5	dalam	76	39	175	100	275	63.64	36.36				
		potong	23	22									
8	5	dalam	74	33	173	83	256	67.58	32.42			263.33	
		potong	25	17									
	6	dalam	81	32	185	83	268	69.03	30.97	67.58	32.42		
		potong	23	19									
9	6	dalam	74	34	171	85	256	66.80	33.20			245.00	
		potong	23	17									
	6	dalam	74	32	172	85	257	66.93	33.07				
		potong	24	21									
10	7	dalam	73	38	164	92	256	64.06	35.94	63.57	36.43	253.33	
		potong	18	16									
	7	dalam	76	33	177	89	266	66.54	33.46				
		potong	25	23									
11	7	dalam	53	33	128	85	213	60.09	39.91			254.33	
		potong	22	19									
	8	dalam	69	26	160	72	232	68.97	31.03	66.19	33.81		
		potong	22	20									
12	8	dalam	73	39	170	87	257	66.15	33.85			255.00	
		potong	24	9									
	8	dalam	74	37	172	99	271	63.47	36.53				
		potong	24	25									
13	9	dalam	78	31	179	80	259	69.11	30.89	73.46	26.54	254.33	
		potong	23	18									
	9	dalam	87	21	195	54	249	78.31	21.69				
		potong	21	12									
14	9	dalam	82	29	186	69	255	72.94	27.06			254.33	
		potong	22	11									

Hasil Perhitungan Butiran Ferit

NO	Ferit (%)	Fr	(F - Fr)^2	SD F	(SD F)r	Kr	K	Hasil	
								Min	Max
1	1	70.33	19.79						
	1	69.49	13.07	7.00	4.04	6.13	93.87	61.84	69.92
	1	57.81	65.03						
2	2	72.82	1.00						
	2	68.12	13.67	3.31	1.91	2.66	97.34	69.91	73.73
	2	74.52	7.29						
3	3	71.02	2.65						
	3	66.17	10.40	2.79	1.61	2.32	97.68	67.78	71.01
	3	70.99	2.55						
4	4	64.02	1.00						
	4	68.42	29.19	5.96	3.44	5.46	94.54	59.57	66.46
	4	56.62	40.97						
5	5	73.08	24.80						
	5	63.64	19.90	4.74	2.74	4.02	95.98	65.36	70.83
	5	67.58	0.27						
6	6	69.03	2.09						
	6	66.80	0.62	1.25	0.72	1.07	98.93	66.86	68.31
	6	66.93	0.43						
7	7	64.06	0.25						
	7	66.54	8.85	3.25	1.88	2.95	97.05	61.69	65.44
	7	60.09	12.05						
8	8	68.97	7.68						
	8	66.15	0.00	2.75	1.59	2.40	97.60	64.61	67.78
	8	63.47	7.43						
9	9	69.11	18.87						
	9	78.31	23.60	4.62	2.67	3.63	96.37	70.79	76.12
	9	72.94	0.26						

Hasil Perhitungan Butir Perlit

NO		Perlit (%)	Pr	(P - Pr)^2	SD P	(SD P)r	Kr	K	Hasil	
									Min	Max
1	1	29.67	34.12	19.79	7.00	4.04	11.84	88.16	30.08	38.16
	1	30.51		13.07						
	1	42.19		65.03						
2	2	27.18	28.18	1.00	3.31	1.91	6.79	93.21	26.27	30.09
	2	31.88		13.67						
	2	25.48		7.29						
3	3	28.98	30.61	2.65	2.79	1.61	5.27	94.73	28.99	32.22
	3	33.83		10.40						
	3	29.01		2.55						
4	4	35.98	36.98	1.00	5.96	3.44	9.31	90.69	33.54	40.43
	4	31.58		29.19						
	4	43.38		40.97						
5	5	26.92	31.90	24.80	4.74	2.74	8.58	91.42	29.17	34.64
	5	36.36		19.90						
	5	32.42		0.27						
6	6	30.97	32.42	2.09	1.25	0.72	2.23	97.77	31.69	33.14
	6	33.20		0.62						
	6	33.07		0.43						
7	7	35.94	36.43	0.25	3.25	1.88	5.15	94.85	34.56	38.31
	7	33.46		8.85						
	7	39.91		12.05						
8	8	31.03	33.81	7.68	2.75	1.59	4.69	95.31	32.22	35.39
	8	33.85		0.00						
	8	36.53		7.43						
9	9	30.89	26.54	18.87	4.62	2.67	10.05	89.95	23.88	29.21
	9	21.69		23.60						
	9	27.06		0.26						

DOKUMENTASI PENELITIAN

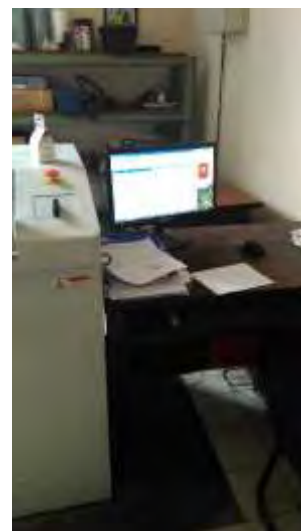


Proses pengerjaan Plat A36 hingga pengelasan

Plat A36 digerinda dan dihaluskan pada bagian yang akan dilas agar elektroda dapat mengisi sempurna pada bevel yang dibuat sebelumnya.



Pembentukan spesimen uji setelah pemotongan



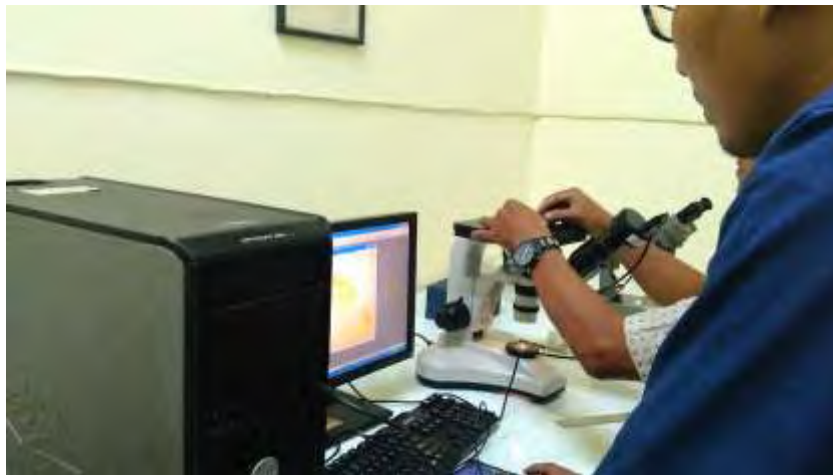
Proses Pengujian Tarik



Persiapan bahan untuk uji Metalografi dan Kekerasan



Pengujian Metalografi (Makro dan Mikro)



Proses Pengambilan Gambar Mikro Struktur



Proses Uji Kekerasan Pada Spesimen Uji yang telah disiapkan

BIODATA PENULIS



CHOIRUL OTO CAHYA NUGRAHA, lahir di Klaten pada 11 Oktober 1993. Merupakan anak bungsu dari tiga bersaudara yang dibesarkan dalam suasana harmonis sebuah keluarga pasangan guru yang sederhana. Ketertarikan terhadap kegiatan pecinta alam menjadikan bungsu dari tiga bersaudara ini terbiasa dengan kondisi jauh dari rumah yang menjadikannya dorongan untuk mengambil studi perkuliahan di ITS Surabaya sejak tahun 2011. Memiliki hobi naik gunung, panjat tebing, gowes dan renang tidak menghalanginya mendalami beladiri yang baru dikenal ketika memasuki bangku kuliah. Mengemban tugas besar sebagai koordinator dan penanggung jawab perlengkapan merangkap anggota bersama UKM Tae Kwon Do ITS yang mengantarkan hingga sabuk hijau ini telah sukses menyelenggarakan Kejuaraan Nasional Taekwondo Rektor ITS Cup 2012. Sebagai mahasiswa Teknik Kelautan yang memiliki IPK pas pasan pemuda polos ini juga sempat menjabat sebagai staff dalam negeri LMB ITS 2013 dan juga ikut andil dalam POMITS LMB ITS 2013, Ketua bidang pertandingan UKM Taekwondo ITS 2013, Staff ahli UKK yang termasuk dalam Kabinet Biru FTK kepengurusan 2013/2014. Aktif dalam keorganisasian tidak menjadikan alasan untuk melupakan kewajiban sebagaimana mahasiswa teknik kelautan. Untuk menunaikan tugasnya sebagai mahasiswa, penulis pada akhir semester genap di tahun ke empat penulis mengambil Tugas Akhir sebagai syarat kelulusan pendidikan Strata 1, dengan judul **Analisa Pengaruh Variasi Heat Input dan Salinitas terhadap Sifat Mekanik Weld Joint Material Baja A36 pada Pengelasan Smaw Underwater Wet Welding** yang diselesaikan pada semester ganjil di tahun ajaran berikutnya.